تكنولوجيا صناعات كيميائية
تكنولوجيا مياه

الوحدة الاولى : مصادر و خصائص و مواصفات مياه الشرب و مصادر تلوثها

مقدمة:

- يغطي الماء اكثر من ثلاث أرباع الكرة الأرضية
- يملأ الماء المحيطات و البحار و الأنهار ، و يوجد في الهواء و حتى في باطن الأرض
- بدون الماء لا توجد حياة فالماء يدخل في تركيب كل كائن حي
- تحتوي المحيطات على ٩٧.٥ % من مياه الكرة الأرضية
- لا تتجاوز كمية الماء العذب الصالحة للاستهلاك البشري ٢.٥ % من الإجمالي
- يتمدد الماء بالحرارة و ينكمش بالبرودة ، و يتميز الماء بقدرته على التمدد و التجمد عند اقل من ٤ درجة مئوية
- تعتبر مياه الأمطار من انقى أنواع المياه لاحتوائها على نسبة ضئيلة من المواد العضوية ، علاوة على بعض الغازات الذائبة ، يليها المياه الجوفية

توزيع المياه على الكرة الارضية

مصادر مياه الشرب

تتعد مصادر المياه و تنقسم الى :

- ١-مياه الأمطار
- ٢-مياه البحار
- ٣-مياه المحيطات
- ٤-مياه البحيرات
- ٥-مياه الأنهار
- ٦-المياه الجوفية

خصائص مياه الشرب

تنقسم خصائص المياه الى :

- ١-خصائص فيزيائية
- ٢-خصائص كيميائية
- ٣-خصائص بيولوجية

الخصائص الفيزيائية :

- ١-درجة الحرارة
- ٢-العُكورة
- ٣-اللون
- ٤-الطعم
- ٥-الرائحة

الخصائص الكيميائية:

- ١- الرقم الهيدروجيني
- ٢-العسر
- ٣-الاكسجين المُذاب
- ٤-القلوية و الحموضة
- ٥-المواد الذائبة
- ٦-المواد العضوية

الخصائص البيولوجية

- هي الخصائص التي تعتمد على ما تحتويه المياه من بكتيريا و فيروسات و طحالب و طُفيليات ضارة بصحة الأنسان لذلك يجب التأكد من خلو المياه من :
- ١-الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا ، الفيروسات ، الطفيليات الأولية
- ٢- العكورة
- ٣-العناصر و المواد غير العضوية السامة
- ٤-المركبات العضوية المعقدة مثل المبيدات الحشرية
- ٥-النواتج الثانوية الناتجة من تفاعل الكلور مع المركبات العضوية
- ٦-المواد المشعة

الخصائص البيولوجية

الميكروبات الموجودة في مياه الصرف الصحي تصنف الى :

١.فيروسات: هي ميكروبات تتكاثر فقط داخل الخلايا الحية و لا تستطيع القيام بعمليات الأيض لوحدها. حجمها يتراوح بين ١٠٠ - ٢٠٠ نانوميتر

٢. البكتيريا : ميكروبات وحيدة الخلية تتغذى على المواد المذابة في الماء . حجمها يتراوح بين (٠.٥ - ٥ مايكرومتر) و تسبب أمراض مثل الكوليرا و التيفوئيد

٣. البروتوزون : (١٠ - ١٥) مايكرومتر و يتغذى على البكتيريا و يساعد في تنقية و معالجة المياه

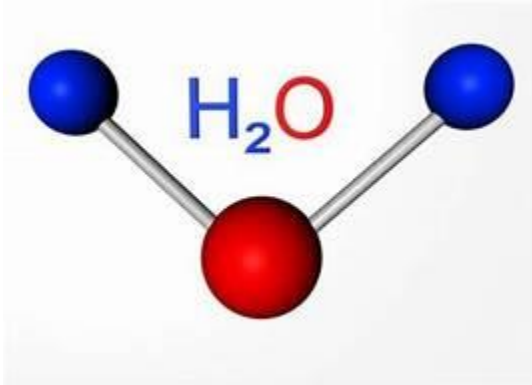
الخصائص البيولوجية

٤. الديدان : تسبب العديد من الأمراض مثل الأنيميا و اللام في المعدة

٥. الطحالب : لها جوانب إيجابية مثل المساعدة في عملية الاكسدة

٦. الفطريات : تساعد في تفكيك و تحليل المواد العضوية

تركيب الماء و خصائصه الكيميائية

- يتكون الماء من أجسام متناهية الصغر تسمى «جزيئات» و قطرة الماء الواحدة تجتوي على الملايين من هذه الجزيئات
- كل جزيء من هذه الجزيئات يتكون من أجسام اصغر تسمى « ذرات» و يحتوي جزيء الماء الواحد على ٣ ذرات مرتبطة مع بعضها البعض (ذرتي هيدروجين مع ذرة أكسجين) و ترتبط هذه الجزئيات مع بعضها البعض بواسطه روابط هيدروجينية

تلوث المياه : هو وجود شوائب و الملوثات (الميكروبية ، عناصر كيميائية ضارة) في مصادر المياه المختلفة (البحيرات و الأنهار و المياه الجوفية)

معالجة المياه : هي عملية ازالة أو تقليص كميات الملوثات و الشوائب في المياه بحيث يصبح تركيزها ملائم للاستخدام

مصادر تلوث مياه الشرب

مصادر تلوث مياه الشرب بالمواد غير عضوية

مصادر تلوث مياه الشرب بالمواد عضوية

مصادر تلوث مياه الشرب البيولوجية

مصادر تلوث مياه الشرب

مصادر تلوث مياه الشرب بالمواد غير عضوية :

١-النواتج الثانوية لمعالجة المياه بالكلور

٢-تأكل انابيب الصرف المجلفنة

٣-صرف مصانع الالكترونيات و الزجاج الصلب

٤-مخلفات صناعات الجلود و الاسمدة و البلاستيك

٥-صرف مصانع الطلاء و الادوية و البويات

٦-مخلفات صناعة البطاريات و البتروكيماويات و المعادن

٧-الرواسب الطبيعية

٨-التسرب

التأثيرات الصحية للملوثات الغير العضوية و الحد المسموح بها في مياه الشرب

الملوث	السماحية ملغ/لتر	التأثير على الصحة
برومات	٠,٠١	يؤدي الى ظهور سرطانات
كلوريت	١	يسبب انيميا و يؤثر على الجهاز العصبي للأطفال
انتيمون	٠,٠٠٦	يسبب زيادة في كوليسترول الدم و يقلل مستوى سكر الدم
زرنيخ	٠,٠١	يسبب قروح و مشاكل بالجلد و الجهاز الدوري و الارهاق و فقدان الطاقة و يؤثر على الجينات و يؤدي الى ظهور السرطانات
باريوم	٢	يسبب زيادة في ضغط الدم و تخدر الاعصاب
بريليوم	٠,٠٠٤	يسبب مشاكل بالجهاز الهضمي
كادميوم	٠,٠٠٥	يسبب ارتفاع ضغط الدم و يتركز بالكبد و البنكرياس و الكلى و الغدد الدرقية و يسبب السرطان
كروم كلي	٠,١	يسبب حساسية بالجلد و فشل كلوي و تآكل الانسجة و يؤثر على المخ و يؤدي الكروم السداسي الى ظهور سرطانات

التأثيرات الصحية للملوثات الغير العضوية و الحد المسموح بها في مياه الشرب

الملوث	السماحية ملغ/لتر	التأثير على الصحة
فلوريد	٤	يؤدي الى تأكل العظام و الاسنان و تبقع الجلد
رصاص	٠,٠١٥	يؤدي الى الامساك و فقدان الشهية و الانيميا و شلل بالأطراف و التخلف العقلي و امراض القلب و الكلى و الكبد
زئبق	٠,٠٠٢	يؤدي الى التهابات بالفم و سقوط الاسنان و تسمم الجهاز العصبي المركزي
نترات	١٠	يؤدي الى ضيق التنفس
نتريت	١	يؤدي الى حدوث ضيق بالتنفس
سيلينيوم	٠,٠٥	يؤدي الى ضعف عام و تهيج بأغشية الانف و الحلق و ظهور بقع حمراء بالأصابع و فقدان الشعر و الاظافر
نحاس	١,٣	يسبب مشاكل بالجهاز الهضمي الكلى
سيانيد	٠,٢	يؤدي الى تدمير الاعصاب و مشاكل بالغدة الدرقية

مصادر تلوث مياه الشرب

مصادر تلوث مياه الشرب بالمواد العضوية :

١-صرف مخلفات المصانع الى مصدر مائي

٢-الاسمدة و المبيدات التي توجد بالتربة و تصل الى المياه

٣-التحلل الطبيعي للكائنات الحية الميتة

٤-صرف مخلفات مياه الصرف الصحي على المصدر المائي

***ملاحظة : نادرا ما توجد بعض المواد العضوية في المياه الجوفية

التأثيرات الصحية للملوثات العضوية و الحد المسموح بها في مياه الشرب

الملوث	السماحية ملغ/لتر	التأثير على الصحة
بنزين	٠,٠١	خطر السرطان
ثنائي كلور ميثان	٠,٠٢	خطر السرطان
احادي كلورو بنزين	٠,٣	ضار بالكلى و الكبد و الجهاز العصبي
بنزوبايرين	٠,٠٠٠٧	خطر السرطان
داي برومو كلورو بروبان	٠,٠٠١	خطر السرطان
تولوين	٠,٧	ضار بالكلى و الكبد و الجهاز العصبي
٢,١ داي كلور بنزين	١	ضار بالكلى و الكبد
٤,١ داي كلورو بنزين	٠,٣	ضار بالكلى و الكبد
رباعي كلورو ايثلين	٠,٠٤	خطر السرطان

مصادر تلوث مصادر الشرب

مصادر تلوث مياه الشرب البيولوجية

يحدث هذا النوع من التلوث عندما تحتوي المياه على بعض مخلفات التي تتكون من مواد عضوية بسيطة التركيب سريعة التأكسد حيث تتأكسد هذه المواد بيولوجيًا بواسطة البكتيريا و بالتالي تؤثر على مستوى الأكسجين الذائب في المياه و يحدث هذه التلوث في الحالات التالية :

١-اتصال مصدرين ماء احدهما ملوث

٢-كسر في شبكة مواسير المياه

٣-التنقية الغير كاملة للمياه

وقد يحدث هذا النوع من التلوث عند وجود الفيروسات و البكتيريا في الماء

مصادر تلوث مصادر الشرب

مجموعة الفيروسات	الأمراض
فيروسات الغدد	أمراض الجهاز التنفسي و التهابات العين
الفيروسات المعوية	شلل الأطفال ،الالتهاب السحايا ، الإسهال ، أمراض الجهاز التنفسي
فيروس التهاب الكبدي أ	مرض الصفراء ، التهاب الكبد الوبائي

انواع الملوثات المتواجدة في المياه

١-مواد ذائبة صلبة : مركبات عضوية و غير عضوية

٢-مواد عالقة (عضوية و غير عضوية): قابلة للترسيب او غير قابلة للترسيب

طرق تنقية المياه:

يمكن تنقية المياه باستخدام ٣ طرق :

١-طرق فيزيائية :مثل (الترسيب ، التصفية ، التلبد، الادمصاص ، تجريد الهواء ، التهوية ، التناضح العكسي)

٢-الطرق الكيميائية : التخثر ، ازالة عسر المياه ، الترسيب الكيميائي ، التعقيم بالأوزون او الكلور ، التبادل الأيوني)

٣-الطرق البيولوجية : ازالة الفسفور و النتروجين باستخدام المفاعلات البيولوجية

العوامل التي تعتمد عليها درجة التنقية

- النوع و درجة معالجة تعتمد بقوة على مصدر المياه و على الغرض المراد استخدام المياه المعالجة له.
- مثلا :

١. المياه المستخدمة للأغراض المنزلية : بحاجة لتعقيم للقضاء على الميكروبات المسببة للأمراض
٢. المياه المستخدمة في البويلرات : يمكن ان تحتوي على بكتيريا و لكن نسبة الاملاح الذائبة يتم تقليصها في الماء المعالج
٣. مياه الصرف الصحي : التي تصرف في انهار الكبيرة تحتاج الى معالجة قبل الصرف

المياه العادمة (الصرف الصحي)

- هي المياه المستهلكة في استخدامات الأنسان لتلبية حاجاته اليومية سواء أكانت (منزلية ، صناعية ، تجارية) ،و هي المياه المستعملة من قبل المجتمع ، و التي تحتوي على جميع المواد المُضافة الى المياه اثناء استخدامها ، و بالتالي فهي تتكون من مُخلفات جسم الأنسان (البراز و البول) و من المياه المستخدمة في المراحيض و المياه الناتجة عن الغسيل الشخصي و المياه الناتجة عن الاستخدام في المطبخ.

المياه العادمة تحتوي على الكثير من المواد العضوية (الكربوهيدرات ، البروتينات ، الدهون ، ...) مصدرها فضلات الأنسان

الفضلات الصلبة	الفضلات السائلة	%
5-7	15-17	N_2
3-5.4	2.5-5	P_2O_5
1-2.5	3-4.5	K_2O
44-55	11-17	C
4.5	4.5-6	CaO

أنواع المياه العادمة :

- المياه العادمة الرمادية : هي المياه التي تُصرف في الحمامات و المطابخ مع مياه المطر و يمكن استخدامها دون الحاجة لمعالجتها في محطات خاصة بمعالجة المياه العادمة إذ يُمكن استخدامها في أنشطة عديدة مثل : ري البساتين ، و استخدامها في المراحيض

- المياه العادمة السوداء : هي المياه التي تصرف في المراحيض و من الضروري معالجتها بشكل كامل في محطات خاصة لمعالجة المياه العادمة قبل استخدامها

- المياه الصفراء

- المياه البنية

معلومات مهمة

اللون:

مياه الصرف الصحي الجديدة «لونها سكني مائل على البني الفاتح»

مع مرور الوقت «سكني غامق»

مع مرور الوقت أكثر « أسود»

الكثافة :

على الأغلب كثافة مياه الصرف الصحي مساوية لكثافة المياه النقية في حالة لم يكن هناك كميات ملحوظة من النفايات في مياه الصرف

معلومات مهمة :

درجة الحرارة :

* على الاغلب تكون درجة حرارة مياه الصرف أعلى من مياه العادية

* درجة حرارة مياه الصرف تعتمد بشكل كبير على الموقع الجغرافي

* متوسط درجة حرارة مياه الصرف (١٠ - ٢١) س.

- **أهمية درجة حرارة مياه الصرف الصحي تكمن في**

١.درجة الحرارة تؤثر على سرعة التفاعل الكيميائي خلال المعالجة

٢.تؤثر على نوعية و نشاط البكتيريا في مياه الصرف الصحي ، حيث تعد أفضل درجة حرارة مناسبة لنمو و نشاط البكتيريا هو (٢٥ - ٣٥) س

٣. درجة الحرارة دائما تؤثر على كمية الاكسجين المذاب في الماء (كل ما ارتفعت درجة الحرارة قلت كمية الاكسجين المذاب)

لماذا يجب معالجة مياه الصرف الصحي قبل طرحها

أ. لحماية المياه الجوفية من التلوث

ب. حماية الصحة العامة : مياه الصرف الصحي تحتوي على ميكروبات تسبب أمراض خطيرة للإنسان و الحيوان بالإضافة على احتوائها على مواد خطيرة مثل
المعادن الثقيلة

ج. لإعادة استخدامها مرة أخرى للزراعة و الصناعة

د. لحماية التربة

طرق قياس تركيز المركبات العضوية في مياه الصرف الصحي :

1. BOD : (biochemical oxygen demand)

هي كمية الأكسجين الذائبة التي تحتاجها الكائنات البيولوجية الهوائية (ميكروبات هوائية) في الماء لتكسير المواد العضوية الموجودة في عينه الماء على درجة حرارة معينة و ضمن فترة زمنية محددة

2. COD : (CHEMICAL OXYGEN DEMAND)

طلب الأكسجين الكيميائي : هي طريقة لتحديد تركيز المواد العضوية في مياه الصرف الصحي عن طريق قياس كمية الأكسجين المذاب اللازمة و المستخدمة لأكسدة المركبات العضوية في غضون ٣ ساعات

٣.المواد الصلبة الكلية :

المواد الصلبة الكلية في الماء = المواد الصلبة الذائبة + المواد الصلبة العالقة

TS (Total Solid) = DS (Dissolved solid) + SS (suspended solid)

معايير مياه الشرب الصالح للشرب:

- يكون نقياً لا طعم له ولا لون ولا رائحة.

- يكون خالٍ من أية شوائب وعوالق طبيعية أو حيوية، ومن وجود أي مركبات غير عضوية أو عضوية.

- يكون خالٍ من أية ملوثات بيولوجية كالجراثيم والميكروبات وناقلات الأمراض، كما أنّ الماء الصالح للشرب يحتوي على عناصر معدنية بنسبة محددة، يجب ألا تزيد عنها، ومن بين هذه الاملاح المعدنية الكبريتات، والكربونات ،الصوديوم، والمغنيسيوم، و الكالسيوم، حيث إنّ زيادة تركيز المغنيسيوم والكالسيوم تسبب عسر الماء.

- يكون خالٍ من المعادن الثقيلة كالرصاص، والزئبق، والزرنيخ، والنترات، والحديد، فلا يجوز أن تزيد نسبة الرصاص عن ١٠ ميكرو غرامات لكل لتر.

معايير مياه الشرب الصالح للشرب:

- لا ترتفع نسبة المواد الذائبة فيه عن حد معين.
- يكون متعادلاً غير حمضي ولا قاعدي.
- لا يحمل أي تأثيرات سيئة على الصحة.
- تكون نسبة الأكسجين المذابة فيه عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية بين ٥ إلى ٨ مليغراماً/لتر، وأن تكون نسبة ثاني أكسد الكربون الذائبة فيه عند درجة الحرارة نفسها بين ٢ إلى ٣ مليغراماً/لتر.
- تكون درجة التوصيل الكهربائي له عند ٢٨ درجة مئوية تساوي ٠.٠٠٠٤ ميكروسيمنز/سم^2

معايير مياه الشرب الصالح للشرب:

- ودرجة التوصيل الحراري عند درجة حرارة ٤٠.٨ ° مئوية تساوي ١.٥٥٥ واط لكلّ متر
- ودرجة معامل الانكسار الضوئي عند درجة حرارة ٢٠ ° مئوية تساوي ١.٣٣ وحدة
- وأن يكون الضغط البخاري الخاص به عند درجة حرارة ٢٠ ° مئوية يساوي ١٧.٦٢ مليمتر زئبق
- وأن تكون الحرارة النوعية له عند درجة حرارة ١ ° مئوية تساوي ١.٠٠ كيلوجول/ كغم درجة

القراءات الدقيقة للماء الصالح للشرب

- اللون: بين ..pt/co 1-20
- درجة العكورة : .UNT 1-10
- درجة الحرارة: من ١٣ إلى ٣٥ درجة مئوية.
- قيمة الأس الهيدروجيني: بين ٦,٥ و٨,٥.
- مجموعة الأملاح الذائبة TDS ملغم/لتر: بين ٣٠٠ إلى ١٥٠٠

الوحدة الثانية : المعالجة الأولية للمياه العادمة

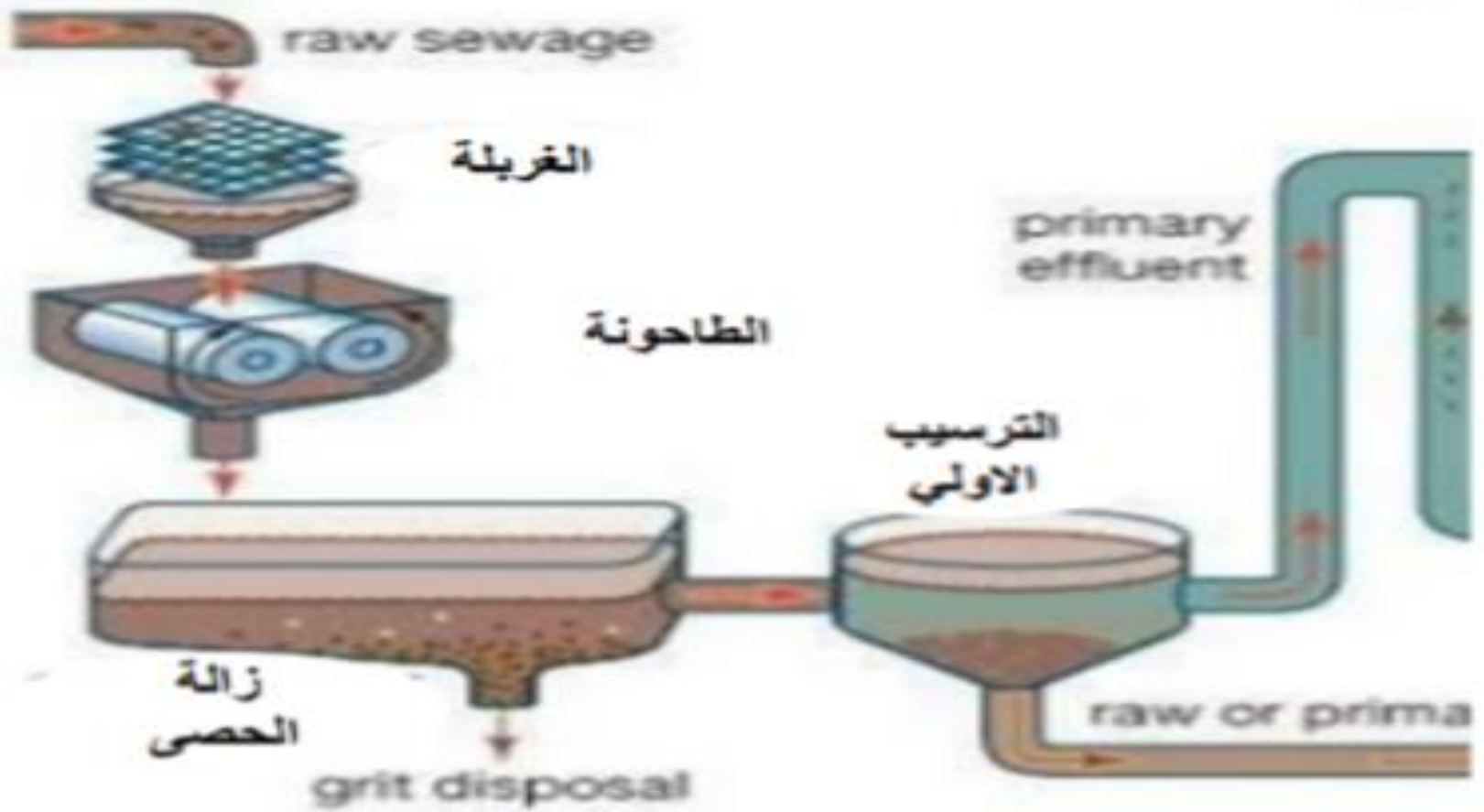
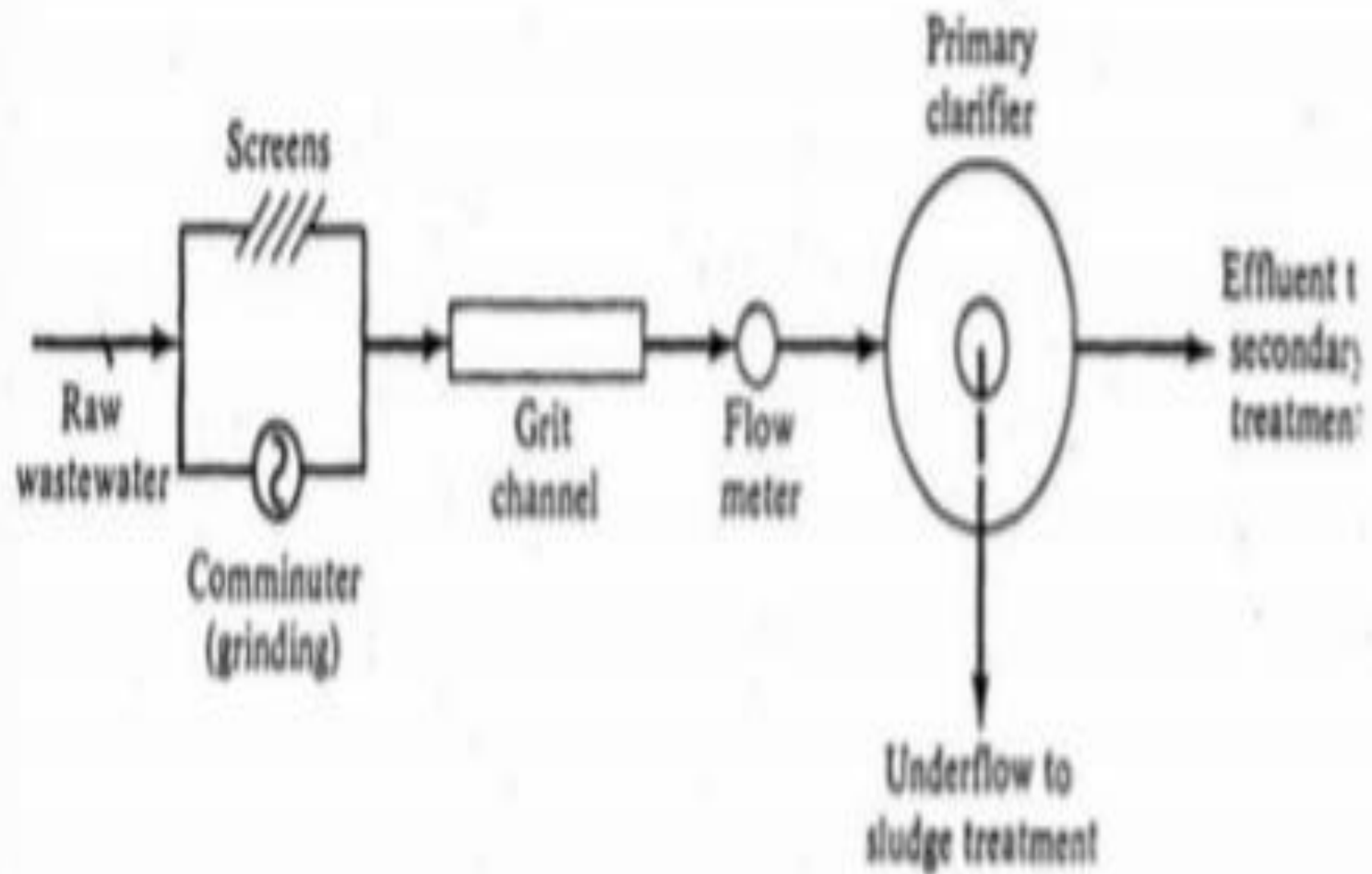
المعالجة الأولية

تتضمن المعالجة الأولية إزالة المواد الغير ذائبة من المراد من المياه المراد معالجتها مثل : الدهون ، الحصى ، الرغوة

خطوات المعالجة الأولية تتضمن :

- Screeningالغربلة
- Grit removalالتخلص من الحصى
- Sedimentationالترسيب الأولي
- طحن النفايات و الحصى

primary treatment
raw sewage
الغربلة
الطاحونة
primary
effluent
الترسيب
الاولي
زالة
الحصى
grit disposal
raw or prima

Screens
Primary
clarifier
Raw
wastewater
Comminuter
(grinding)
Grit
channel
Flow
meter
Underflow to
sludge treatment

١- الغربلة

يتم في هذه المرحلة التخلص او تقليص كمية النفايات الصلبة او المواد الصلبة الكبيرة الموجودة في المياه لحماية الانابيب و المضخات من الانسداد .

يتم تجميع المواد الصلبة في هذه المرحلة على غربال و يتم تنظيف هذا الغربال بشكل دوري لتخلص من المواد العالقة.

هناك نوعين من الغربلة :

١-الغربلة بالغربال الناعم

٢-الغربلة بالغربال الخشن

الغربلة

الغربلة بالغربال الخشن :

تتم هذه العملية بنوعين من هذه الغرابيل :

١-شبكة النفايات

٢-غربال مصنوع من قضبان معدنية

الغربلة

شبكة النفايات

تتكون من قضبان معدنية تفصل بينهم مسافة (٢-٦) انش اي ما يعادل (٥-١٠)سم.

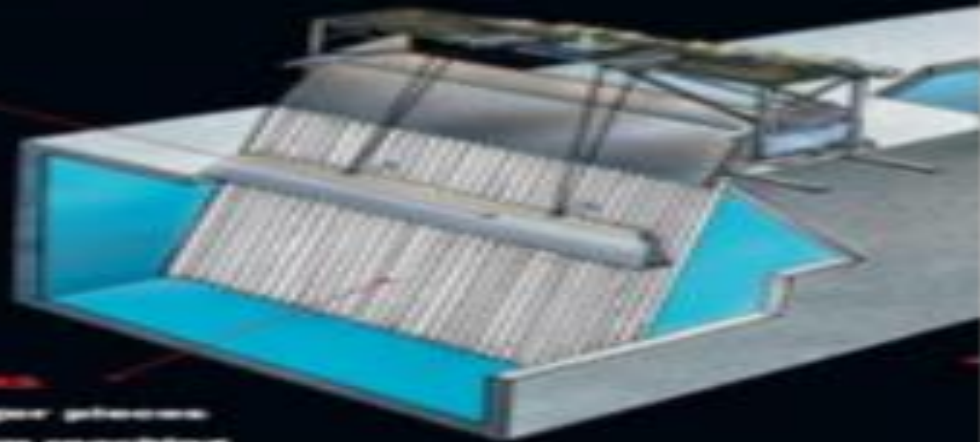
توضع هذه القضبان على قناة جريان بزاوية تتراوح بين (٣٠-٤٥) درجة

يتم تنظيف الشبكة يدويا او باستخدام أجهزة

على الأغلب تستخدم شبكة النفايات في مصانع المعالجة التي تستقبل كميات كبيرة من الصرف الصحي

شبكة النفايات يتم تنظيفها باستخدام أجهزة يجب فحصها بشكل دوري للتأكد من سلامتها و هذا يتضمن التشحيم الدوري للأجزاء المتحركة في ألة التنظيف

على العامل المسؤول مراقبة كل الأجزاء المتحركة في هذا الجهاز للتأكد من سلامتها و عند ظهور صوت غير طبيعي من شبكة النفايات على الأغلب يكون هناك مشاكل و في هذه الحالة يجب القيام بصيانة مباشرة حتى لا يؤدي الى تلف شبكة التنظيف

الغربلة

الغربال ذو القضبان

مشابه لشبكة النفايات و الاختلاف الوحيد بينهما هو المسافة بين القضبان ،في هذا الغربال تكون المسافة اصغر و تتراوح (٠.٧٥ – ٢) أنش اي ما يقارب (١.٩ – ٥)سم

زاوية تثبيت الغربال هي (١٥-٣٠) درجة

بحاجة الى تنظيف دائم و يتم التنظيف أما يدويا او أوتوماتيكيا

العامل المسؤول يجب عليه ان يتأكد من نظافة الغربال حتى نضمن حدوث تدفق مستمر للمياه الصرف الصحي

نظافة الغربال ذو القضبان وشبكة النفايات مهمة ، لانه في حال تجمع النفايات على الغربال تنبعث الروائح الكريهة

هناك نوع من هذه الغربال يدور على بكرة و حزام متحرك

الغربلة

الغربال الناعم

** عبارة عن قماش منسوج أو صفيحة مثقبة

** في مصنع معالجة المياه يتم تركيب الغربال الناعم بعد الغربال الخشن

** في الغربال الناعم يتم تجميع مواد عضوية أكثر من الغربال الخشن مما يؤدي الى مشكلة انبعاث الروائح الكريهة ، لذا فهو بحاجة لتنظيف بشكل دوري

** الشكل التالي يمثل شكل الغربال الناعم في مصانع المعالجة

الغربلة

- في كلا النوعين (الغربال الناعم و الغربال الخشن) كمية النفايات التي يتم إزالتها في هذه العملية تعتمد على :
  ١.حجم فتحات الغربال (في الغربال الخشن المسافة بين القضبان المعدنية)
  ٢.نوعية مياه الصرف الصحي و كمية النفايات و الشوائب الموجودة فيها

** النفايات التي يتم التخلص منها في عملية الغربلة يتم التخلص منها في عدة طرق :

١.يتم طمرها
٢ .حرقها في محارق خاصة
٣ .يتم التخلص منها في كثير من الاحيان عن طريق طحنها باستخدام طاحونة

أجهزة الطحن : الا تقوم بالتخفيف او انقاص كمية النفايات في الماء و أنما تقوم بالتخلص من النفايات التي تنتجها الالات الغربلة ، و دائما بحاجة لصيانة دورية لحمايتها من التلف

التخلص من الحصى

الغاية من هذه المرحلة :

١ .يتم ازالة الحصى في هذه المرحلة حتى تحمي الاجهزة الاخرى في المعالجة من تراكم الحصى و القاذورات عليها

٢ .لحماية الاجزاء المتحركة في معدات معالجة المياه من التآكل و بالتالي خفض تكلفة الصيانة الاجهزة

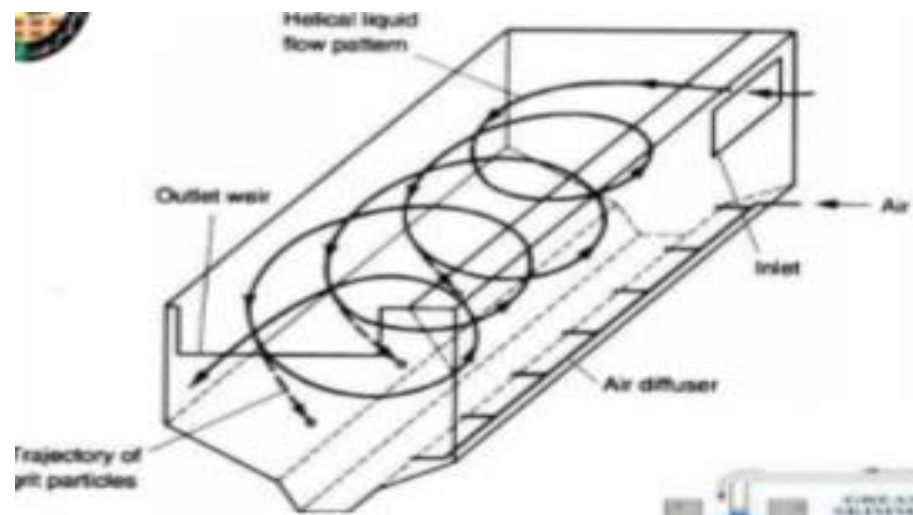
** تتكون هذه المرحلة من قناة أو تنك كبير يتم ادخال مياه الصرف الصحي المحملة ب الاتربة و الحصى بسرعة منخفضة تقريبا (٣,٠ م/ث) حتى تساعد على الترسيب

** يتم ادخال هواء على التنك ازالة الحصى و الرمل لإزالة المواد العضوية خفيفة الوزن و ازالة الغازات السامة

**الزمن الذي يستغرقه وجود الماء في تنك تخلص من الحصى time detention تقريبا من ٢٠ ثانية الى دقيقة واحدة

** يتم قشط و ازالة المواد المترسبة في اسفل تنك ازالة الحصى ميكانيكا

الشكل التالي يمثل تنك التخلص من الحصى

Helical liquid
flow pattern
Outlet weir
Air
Inlet
Air diffuser
Trajectory of
grit particles

الترسيب الاولي

للتخلص من المواد الصلبة المترسبة و الطافية مثل الدهون و الزيوت و الشحم

*** جزيئات الملوثات في هذه الحالة ال تبقى مفككة مثل التي في تنك ازالة الحصى و أنما تميل هنا الجزيئات على ان تتجمع حتى يكبر حجمها و يزيد قطرها و تترسب

PRELIMINARY TREATMENT
To remove debris and grit
Bar screen
Grit chamber
Velocity slows, coarse grit settles.
Raw sewage
Debris removal
Grit removal
To landfill
PRIMARY TREATMENT
To remove particulate organic material
Water enters at center and flows out over weir at edge. Particulate organic material settles. Constitutes raw sludge.
Primary clarifier
Fat and oil float to top and are skimmed off.
Rotating "plow"
Clarified water
Raw sludge
Sludge treatment
Composting
Anaerobic digestion
Fertilizer
Methane

الوحدة الثالثة : التخثير و الترويب

Eng .Nusybah AL-AMAYREH

التخثير و الترويب Coagulation and flocculation

- هذه المرحلة هي من مراحل المعالجة الثانوية لمياه الصرف الصحي
- **<u>التخثير coagulation</u>**: هو اضافة مواد كيميائية لتهيئة المواد العالقة الغير قابلة للترسيب من تلقاء نفسها لعملية الترويب اللاحقة عن طريق تقليل التنافر الكهربائي بين هذه الحبيبات العالقة
- **<u>الترويب flocculation</u>**: هي عملية خلط الحبيبات الغير المستقرة الناتجة من عملية التخثير و عملية الخلط تتم لزيادة حجم هذه الحبيبات لتسهيل عملية ترسيبها لاحقا
- تعتبر مرحلة التخثير و الترويب من المراحل التي تحتوي على معالجة فيزيائية و كيميائية للمياه العكرة

- الجزيئات الكبيرة من السهل ترسيبها ، بسبب حجمها تترسب في اسفل تنك الترسيب ثم يتم ازالتها بواسطة قاشطات

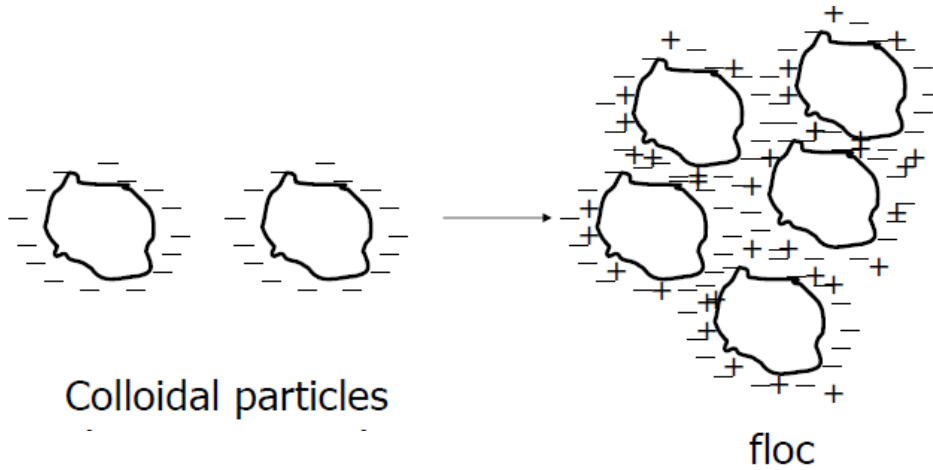
- لكن هناك بعض المواد و الحبيبات العالقة التي لا تمتلك الكتلة و لا الحجم الكافي للتغلب على القوى الموجودة بالماء لذلك تبقى طافية و لا تترسب

- و هناك سبب اخر لعدم ترسب هذه الحبيبات العالقة في الماء ، و هو ان اغلب هذه الحبيبات تمتلك شحنة سالبة و بما ان الشحنات

سالبة تتنافر فهذا يؤدي الى بقاءها متباعدة و عالقة و يمنعها من التكتل و التراكم مع بعضها و بالتالي عدم ترسيبها .

* المواد العالقة و الغير قابلة للترسيب هي السبب الرئيسي لعكورة المياه.

عملية التخثير coagulation:

- تتضمن اضافة مواد كيميائية تعمل على منع التنافر الكهربائي بين الحبيبات العالقة مما يشجع على تراكمها و سرعة ترسيبها لاحقا ، انظر لشكل التالي(الشكل 3.1) الذي يوضح عملية تقليل التنافر بعد اضافة المواد الكيميائية .

الشكل (3.1) : الحبيبات العالقة قبل اضافة المواد المخثرة (المواد الكيميائية) و بعد اضافتها حيث تعمل المواد الكيميائية على انتاج ايونات موجبة تقلل من التنافر بين الحبيبات السالبة

- <u>القوى المؤثرة على الحبيبات العالقة في الماء</u> :

1. قوى تنافر الكهربائي : و تكون بين الحبيبات التي تحمل شحنة سالبة على سطحها و هذه القوة هي المسيطرة بين الحبيبات العالقة و تمنعها من التماسك و الترسيب
2. قوى التجاذب van der Waals force: هذه القوة هي الاضعف و لا تؤثر بشكل كبير على الحبيبات العالقة

* المواد الكيميائية او ما تسمى بالمواد المخثرة تعمل على زيادة قوى التجاذب و انقاص قوى التنافر بين الحبيبات

* <u>أمثلة على المواد التي تستخدم كمواد مخثرة</u> :

1. الاملاح المعدنية : تتفكك بالماء الى ايونات موجبة و سالبة مثل : كبريتات الالمنيوم ، كبريتات الحديد ، كلوريد الحديد

2. بوليمرات متعددة التكهرل polyelectrolytes: هو نوع من البوليمرات التي تتفكك الى ايونات موجبة و سالبة حال وضعها بالماء و هي الاكثر استخداما في موحلة المعالجة بالتخثير و الترويب

- كمية المادة المخثرة المضافة تعتمد على عدة عوامل اهمها كمية المواد العالقة غير القابلة للترسيب، و هناك عدة نقاط يجب الانتباه لها عند اضافة المواد المخثرة للماء العكر :

1. اذا قمت باختيار البوليمر كمادة مخثرة يجب الانتباه ان زيادة كميتها بالماء سيقلل من كفاءة عملية التخثير
2. ايضا اضا قمت باختيار البوليمر فيجب الانتباه بان بعض انواع البوليمر تفقد فعاليتها بوجود الكلور

* يتم تحديد كمية المواد المخثرة اللازم اضافتها عن طريق جهاز يسمى Jar test، كما في الشكل (3.2)

الشكل (3.2) : Jar test

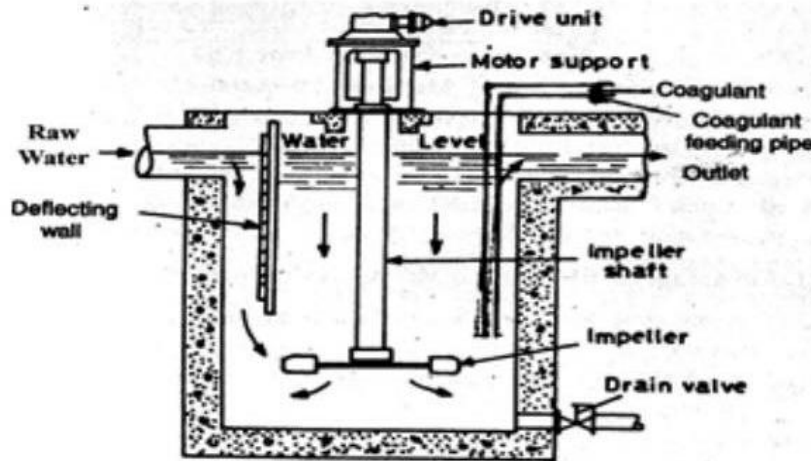
- <u>وصف عملية التخثير :</u>
  1. أولا يتم أضافة المواد المخثرة و المواد المساعدة على التخثير، و تشمل المواد المساعدة على التخثير التالي : السليكا و الطين
  2. بعدها يتم عملية خلط سريع flash mixing للمواد الكيميائية مع الماء العكر من اجل توزيع المادة الكيميائية بالتساوي في المياه و خلق خليط متجانس

* الوقت اللازم لبقاء الماء في هذه المرحلة هو اقل من دقيقة و تنتج عنه ندف صغيرة الحجم micro flocs

* <u>ظروف عملية التخثير :</u>

1. أفضل درجة حموضة للقيام بالتخثير هو بين 5 الى 7

2. تتفاعل المواد المخثرة مع القلويات في الماء للسيطرة على درجة الحموضة من التغيير ، و في حالة كانت كمية القلويات في الماء قليلة يتم اضافة الجير $Ca(OH)_2$ أو رماد الصودا Na_2CO_3

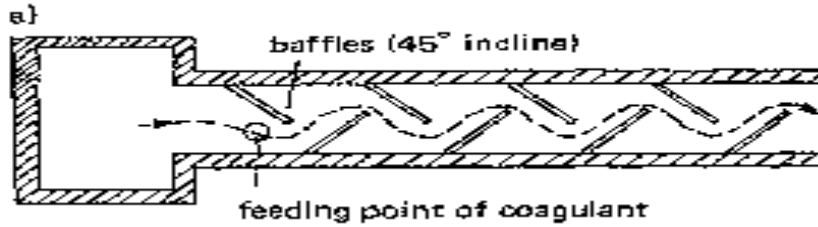
- بعد اضافة المواد المخثرة للماء العكر يجب أن تتم عملية خلط سريعة قد تصل سرعة الخلط فيها الى 300 – 800 / ثانية
- <u>أنواع الخلط المستخدمة في هذه المرحلة لتوفير خلط سريع هم</u> :
  1. الخلط الميكانيكي : تتكون من المجاديف و التوربينات و المراوح و تحتاج الى طاقة عالية و كفاءتها ايضا مرتفعة ، الشكل (3.3) يمثل الشكل التفصيلي للخلاط الميكانيكي

الشكل (3.3) : الخلاط الميكانيكي المستخدم في مرحلة التخثير في معالجة الميا

ه

2. الخلط الهيدروليكي :

أ. يعتمد على طاقة الجريان المياه

ب. يكون على شكل أنبوب يمر به الماء و يتم اعطاء الماء فيه سرعة كافية عن طريق اضافة صمامات

ج. في هذا النوع من الخلاطات يتم اضافة حواجز(baffles) لزيادة الاضطراب الماء المراد معالجته و بالتالي زيادة كفاءة عملية الخلط، الشكل (3.4)

الشكل (3.4) : الخلاط الهيدروليكي في عملية التخثر

3. الخلاط المضخة :

أ. أقل طاقة مستهلكة

ب. يمكنها ان توفر خلط اسرع للمواد الكيميائية ، الشكل (3.5)

الشكل (3.5) : خلاطات المضخة

الترويب flocculation

- بعد اذابة و مزج المواد المخثرة مع المياه العكرة مزجا تاما يلزم تحريك المياه حركة بطيئة ، الهدف من هذه الحركة جمع المواد العالقة ليسهل ترسيبها فيما بعد و تكون على شكل ندف اكبر حجما من الندف التي تكونت في مرحلة التخثير و تسمى في هذه المرحلة الندف ب macro flocs و تكون اثقل وزنا و اكبر حجما من قبل .
- الهدف من عملية الترويب :

هو اعطاء المياه العكرة الممزوجة بالمواد المخثرة مدة كافية من الزمن حتى يتم التفاعل و التماسك بالمواد العالقة و تكوين ندف كبيرة الحجم.

- صفات الندف :

1. الندف المتكونة من عملية الترويب تتكون من طبقة اسفنجية هلامية تسمح بمرور المياه و تحجز الطمر و البكتيريا بداخلها

2. لديها على سطحها شحنة كهربائية و هذه الشحنات ناتجة من تجمع الايونات على سطح الندف

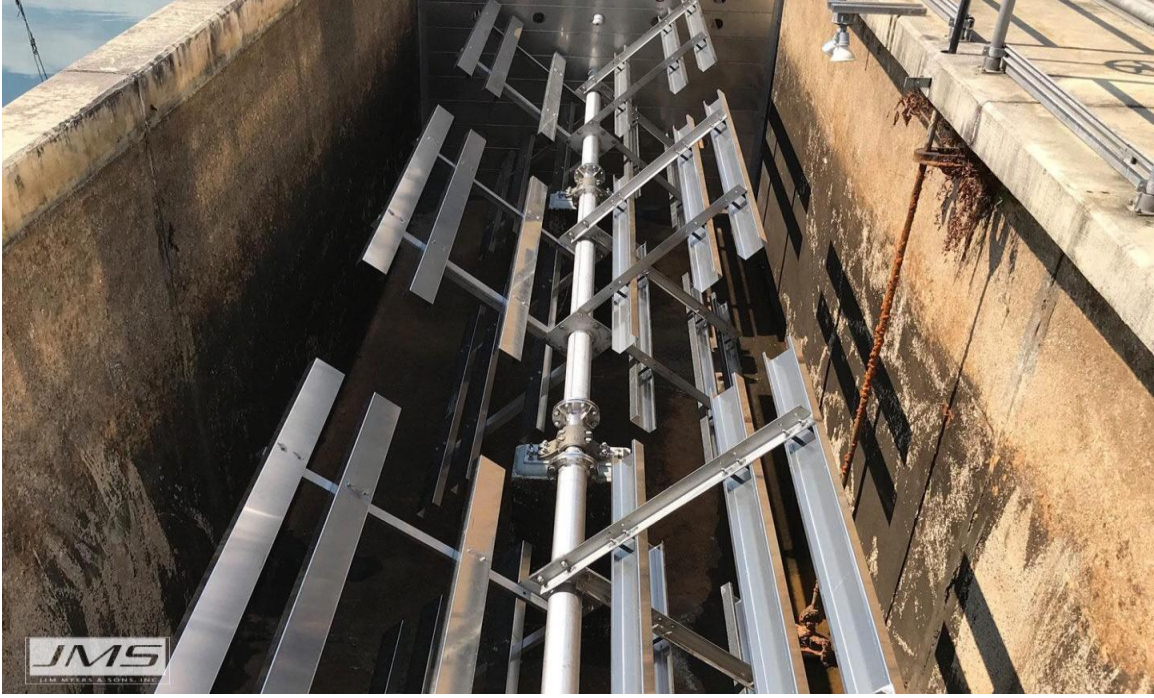
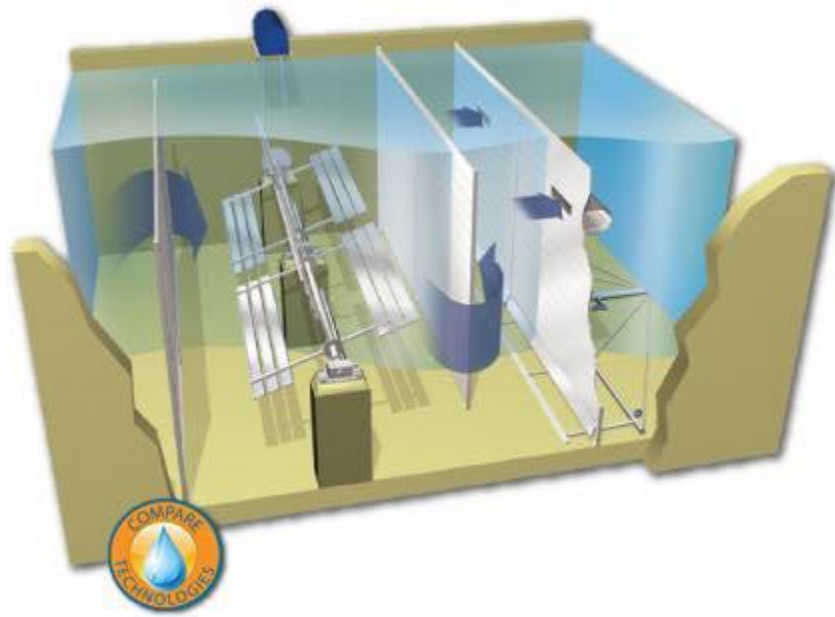
3. لديها مساحة سطح عالية بالنسبة لحجمها ، نتيجة لذلك هذه الندف لديها قدرة امتصاص عالية للمواد و امتصاص الايونات المحيطة بها.

** أفضل حجم للندف هوبين 0.1 مم الى 3 مم

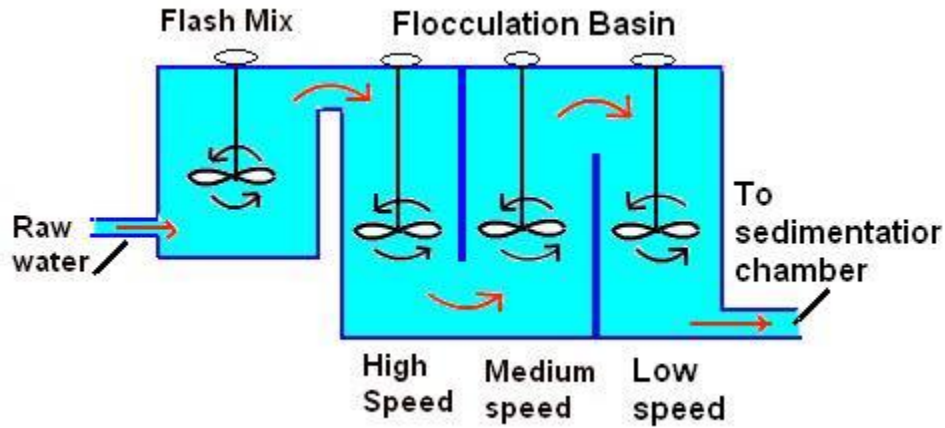
- إذا كانت سرعة الخلط في مرحلة الترويب اقل من اللازم فهذا سيؤدي الى عدم تجمع الحبيبات بشكل كافي
- و اذا كان اكثر من اللازم فهذا سيؤدي الى تفكيك الحبيبات المتراكمة
- الوقت اللازم لبقاء المياه المراد معالجتها في تنك الترويب هو بين 30 دقيقة الى 45 دقيقة

<u>** هناك توعين من تنك الترويب المستخدمة في معالجة المياه ، هما :</u>

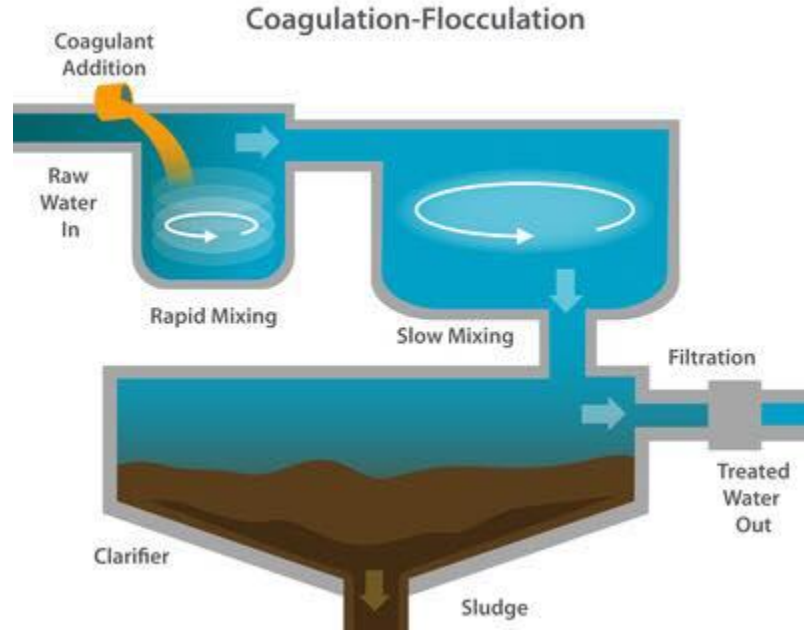
1. تنك ذو المجاديف الدوارة الافقية ، الشكل 3.6 و الشكل 3.7

2. تنك ذو المجاديف الدوارة العامودية ، الشكل 3.8

الشكل 3.6 : تنك ترويب ذو المجاديف الدوارة الافقية

الشكل 3.7: الهيكل الخارجي لتنك ذو المجاديف الافقي

الشكل 3.8 : تنك الترويب ذو المجاديف الدوارة العامودية

- في كثير من مصانع معالجة المياه يتم استخدام 3 تنكات ترويب متتالية و تعمل على سرعات مختلفة الاول سرعة عالية ثم متوسطة و الاخير تكون سرعة التقليب بطيئة كما في الشكل 3.9

الشكل 3.9 : تنك الترويب مقسم الى 3 اقسام بناءا على سرعة التقليب

** يلحق عملية الترويب و الخلط البطيء عملية ترسيب ، يبقى الماء المراد معالجته في تنك الترسيب من ساعة الى ساعتين ثم يتم نقله الى المرحلة الثانية

** بعد مرحلة التخثر و الترويب متوقع زوال حوالي 60 – 80 % من العكورة و المواد العالقة

الشكل 3.10 : ملخص مرحلة التخثر و الترويب و الترسيب ما بعد الترويب

الوحدة الرابعة : الترسيب

Eng . Nusybah Al-Amayreh

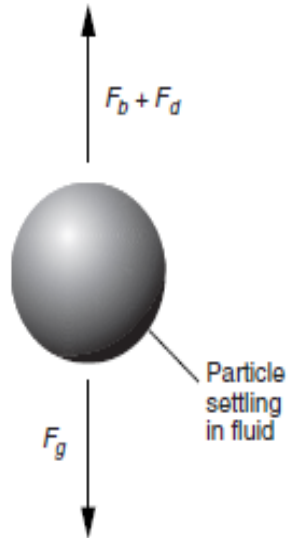
الترسيب

** المبدأ الذي يقوم عليه هذه العملية هو تصفية المواد الصلبة في قاع تنك الترسيب بالاعتماد على الجاذبية الارضية و تتميز هذه المواد بإن لها كثافة أكبر من كثافة الماء .

** يتم اضافة الكلور في هذه المرحلة لمنع النمو البكتيري في الماء

** الشرط الاساسي لحدوث الترسيب هو ان يكون الخليط مكون من مواد صلبة و مائع

** الشكل التالي يبين ان الحبيبة الواحدة المنفصلة المترسبة تتعرض لثلاث أنواع من القوى :

1. قوى الطفو Fb
2. قوى الدفع للأعلى Fd
3. قوة الجذب Fg

** في حالة الترسيب تتغلب قوة الجذب (قوة الجاذبية الارضية)
و التي تعتمد على كثافة الحبيبات المترسبة على قوة الدفع و قوة الطفو

$$Fg = \rho_p * V_P * g.......(1)$$

- Fg = قوة الجذب
- ρ_P : كثافة الحبيبات المترسبة
- V_p : حجم الحبيبات
- g: تسارع الجاذبية الارضية

- تقسم المواد الصلبة المترسبة الى نوعين :

1. جسيمات منفصلة :

هذه الدقائق لا تندمج و لا تتفاعل مع بعضها البعض فلا يحدث تغيير بحجم الدقائق او شكلها ، مثال على هذا النوع من المواد المترسبة : هو الرمل ، و تترسب هذا النوع ع الاغلب في مرحلة المعالجة الاولية

2. هناك نوع اخر من الدقائق و التي تندمج مع بعضها البعض خلال عملية الترسيب مما يؤدي الى تغيير في شكلها ،حجمها و تسمى بالجزيئات المتلبدة و مثال على هذا النوع من المواد هو الطين

و يترسب هذا النوع بعد مرحلة التخثير و الترويب

<u>**** الترسيب يعتمد على عدة عوامل :**</u>

1.الخصائص الفيزيائية للدقائق المترسبة : و تشمل حجم الجزيء / شكل الجزيء و كثافته

2. متوسط درجة حرارة المياه

:

العوامل المؤثرة على عملية الترسيب :

1. قطر حبة الرمل و كثافتها

بالنظر الى المعادلة (1) ، نرى انه مع زيادة قطر حبة الرمل و كثافته يزداد قوة الجذب للاسف و بالتالي سرعة الترسيب

بعض حبيبات الرمل تبقى عالقة لانها لا تمتلك حجم كافي يمكنها بالترسيب ، مما يضطر الى مرورها بمرحلة التخثير و الترويب

2. شكل الجزيء :

الحبيبات المكورة ذات السطح الاملس لديها سرعة ترسيب اعلى من الحبيبات الغير منتظمة الشكل و تحتوي على ثقوب او ما يسمى pores

3. شحنة الجزيء : تساهم وجود الشحنات المختلفة على سطح الحبيبات على سرعة ترسيبها حيث تقترب الحبيبات ذات الشحنات المتعاكسة من بعضها البعض مما يؤدي الى زيادة حجمها و زيادة سرعة الترسيب

4. درجة الحرارة المياه :

عند ارتفاع درجة حرارة المياه تصبح سرعة الترسيب أعلى و الزمن اللازم لترسيب المواد العالقة أقل

** سرعة الترسيب في المياه الباردة < سرعة الترسيب في المياه الساخنة

لذلك سرعة الترسيب و عمل التنقية في فصل الصيف أفضل من الترسيب في الشتاء .

** معلومة مهمة : عند خفض سرعة الترسيب معناها سوف يزيد مدة وجود الماء داخل تنك الترسيب او ما يسمى في detention time

**متى يتم استخدام تنك الترسيب في مصنع معالجة المياه :

1. في المعالجة الاولية pre-sedimentation لإزالة المواد العالقة
2. بعد التخثير و الترويب يتم استخدام تنك الترسيب لإزالة و ترسيب الندف التي تكونت في مرحلة التخثير و الترويب
3. بعد مرحلة تنعيم المياه (المرحلة التي تتم فيها ازالة ايونات المغنيسيوم و الكالسيوم من الماء)
4. في مرحلة المعالجة الهوائية يتم استخدام تنك الترسيب لهذا الغرض

**** أنواع الحبيبات التى يتم ازالتها فى تنك الترسيب :**

1.الحبيبات المنفصلة و الغير المترابطة و تتميز ب :

أ. حجم هذه الحبيبات و سرعتها ثابته لا تتغير خلال عملية الترسيب

ب. كثافة الحبيبات تتراوح بين 2000 الى 2200 كغ /م3

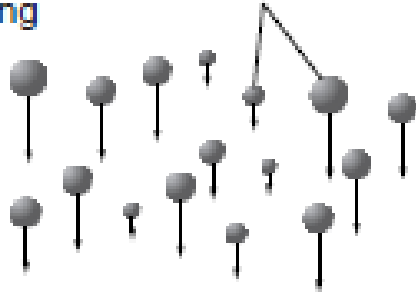
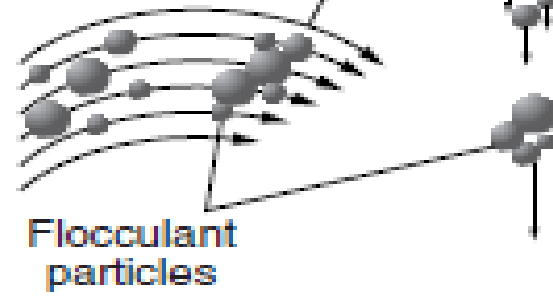
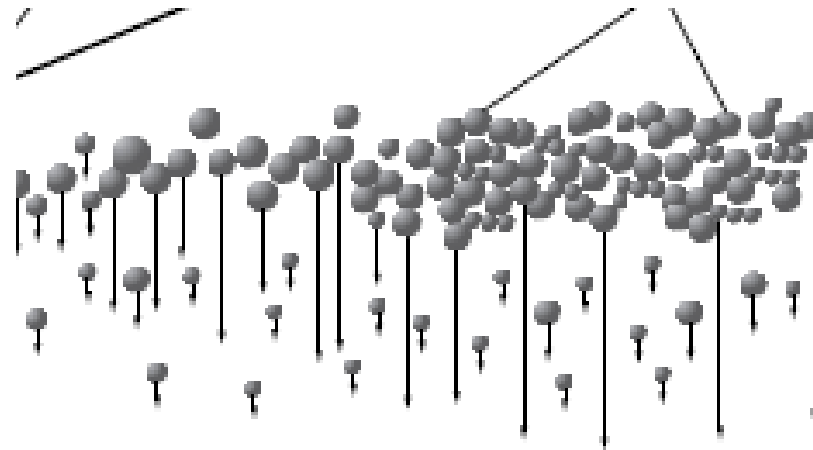
2. الحبيبات المترابطة (الندف) :

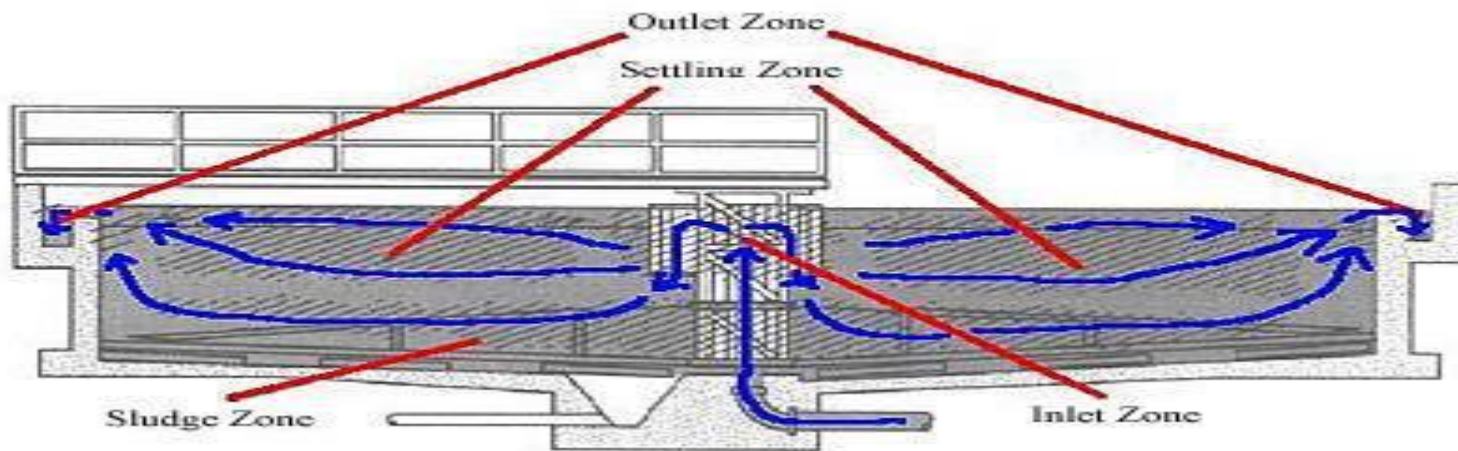
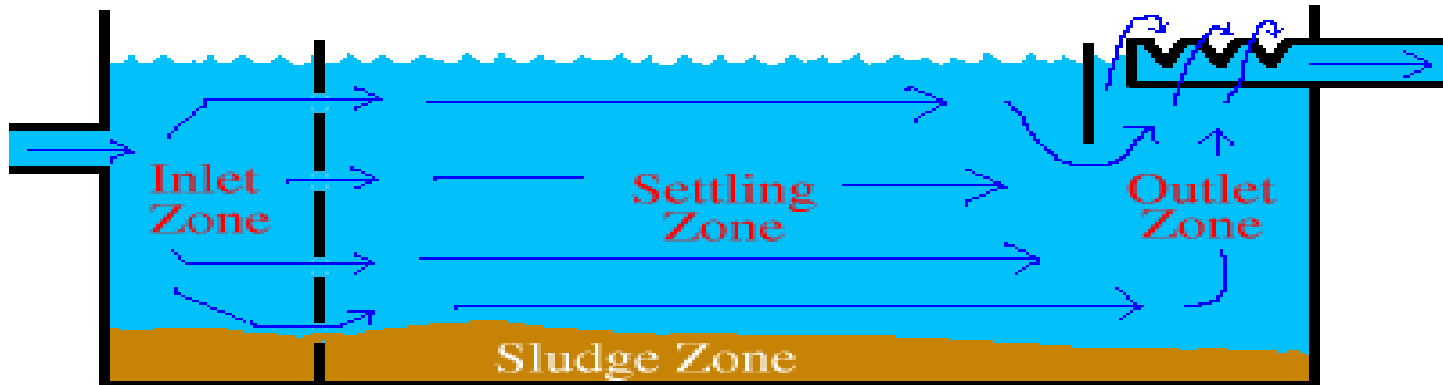
أ. حجمها و سرعتها تتغير خلال عملية الترسيب

ب. الحبيبات هنا تتزايد في حجمها خلال مرحلة الترسيب

ج. كثافتها 1030 – 1070 كغ/م3

أنواع الترسيب

نوع الترسيب	الوصف	مثال
النوع الاول : ترسيب الحبيبات المنفصلة	*تترسب الحبيبات بشكل منفصل كل واحدة على حدة *الحبيبات هنا ليس لديها ميل للتكتل او التراكم *و ايضا لا تتفاعل ابدا مع الحبيبات الاخرى المجاورة لها	ترسيب الرمل و الحصى في تنك ازالة الحصى في المعالجة الاولية
النوع الثاني : ترسيب الندف	*يتم في هذا النوع ترسيب الندف * في هذا النوع تتجمع الحبيبات لتكون ندف * سرعة الترسيب الندف و حجمها تزداد تدريجيا خلال عملية الترسيب	الترسيب بعد عملية التخثير و الترويب
النوع الثالث : Zone settling	*تركيز الحبيبات في هذا النوع اعلى من النوعين السابقين * تتجمع جميع الحبيبات على شكل غطاء او سطح * يقوم السطح المتشكل بسحب جميع الحبيبات التي تحته لتترسب و الماء الذي يعلو هذا السطح يكون نقي	ازالة الندف البيولوجية في المرحلة المعالجة الثانوية

النوع الاول من الترسيب

النوع الثاني من الترسيب

النوع الثالث

أجزاء تنك الترسيب

أجزاء تنك الترسيب

1. المدخل inlet zone

تحتوي هذه المنطقة على حواجز baffles، تدخل المياه الى هذه المنطقة بزاوية قائمة

2. منطقة الترسيب settling zone

** هي أكبر منطقة بين كل مناطق في تنك الترسيب

** توفر هذه المنطقة مساحة هادئة و مناسبة لترسيب المواد العالقة

3. منطقة تجمع الرواسب sludge zone

** تقع هذه المنطقة في اسفل التنك

** سرعة تدفق الماء في هذه المنطقة اقل ما يمكن حتى لا يتشتت المادة المجتمعة

** في النهاية يتم ازالة الطمر عن طريق اما القاشطات او الشفط

** اذا تراكم الطمر بشكل كبير سوف تتسبب بمشاكل منها : خفض فعالية عملية الترسيب

4. منطقة المخرج outlet zone

توفر هذه المنطقة خروج سلس و سهل للماء المتدفق من منطقة الترسيب الى الخارج

** في منطقة المدخل يوضع حواجز baffles للأسباب التالية :

1. توزيع المياه توزيعا منتظما على كل قطاع الحوض
2. عدم احداث سرعة عالية غير مسموح بها فتعمل على تكسير الندف و تقليل فعالية الترسيب
3. الاقلال من سرعة المياه في الحوض
4. جعل الرواسب ترسب قريبة من قاع الحوض حتى لا تستغرق وقتا طويلا في عملية الترسيب

** في منطقة المخرج يوجد ايضا حواجز لها وظيفة مختلفة هنا و تشمل :

1. لتوجيه التصريف الى الاعلى
2. تجنب سحب حبيبات المواد الصلبة التي رسبت في قاع الحوض عند المخرج مع التصريف

أشكال أحواض الترسيب

1. أحواض الترسيب العادية و توجد على شكلين :

أ. أحواض مستطيلة الشكل

ب. أحواض مستديرة

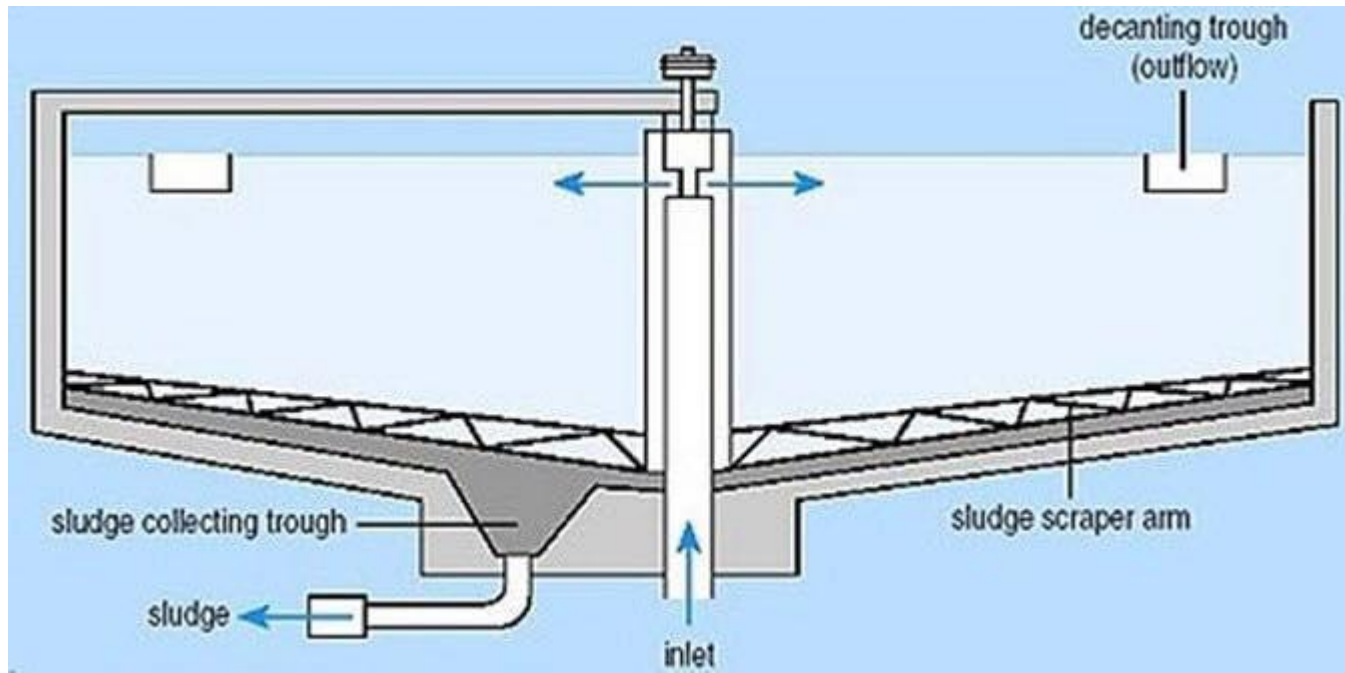
2. أحواض ترسيب ميكانيكية :

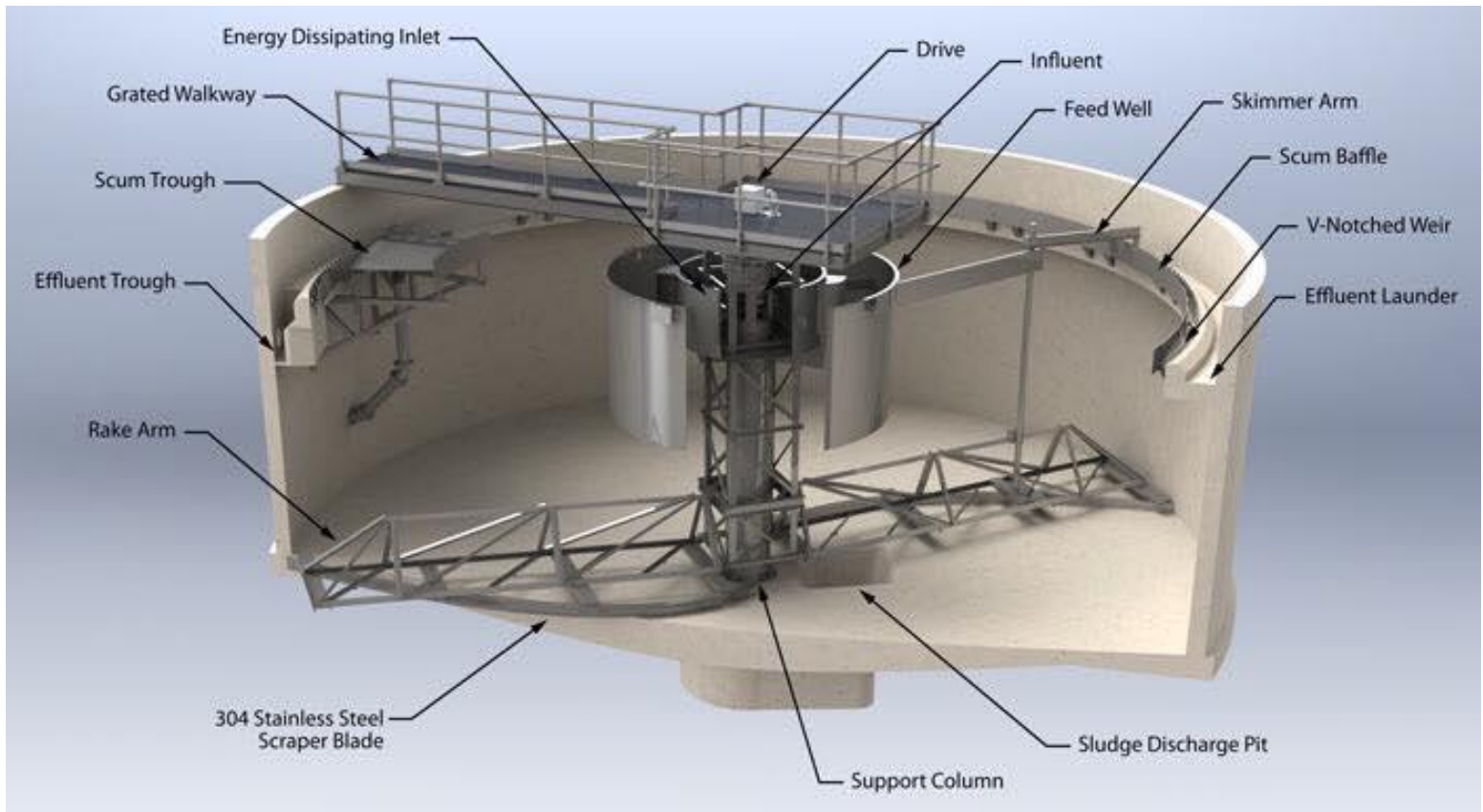
وهي أما أحواض مستطيلة او مستديرة الشكل

و لكن تزداد عن الاحواض العادية بوجود جهاز لتنظيفها بواسطة زحافة لنقل الرواسب اثناء دورانها الى حيز تجميع الرواسب

** الاحواض مستطيلة الشكل تستخدم في مصانع معالجة المياه الكبيرة و تعتبر من اشهر اشكال احواض الترسيب لعدة اسباب :

1. قابليتها لتحمل حمولة زائدة من الرواسب
2. ادائها متوقع
3. تكلفة بنائها و صيانتها منخفضة

أحواض الترسيب العادية مستطيلة الشكل

أحواض ميكانيكية مستديرة الشكل

Energy Dissipating Inlet
Drive
Influent
Grated Walkway
Feed Well
Skimmer Arm
Scum Baffle
Scum Trough
V-Notched Weir
Effluent Trough
Effluent Launder
Rake Arm
304 Stainless Steel Scraper Blade
Sludge Discharge Pit
Support Column

أحواض ميكانيكية مستديرة الشكل

ملاحظات مهمة :

1. مدة مكوث في الحوض العادي تتراوح بين 4 الى 6 ساعات

و في الاحواض الميكانيكية من 2 الى 3 ساعات

2. شكل الحوض و ابعاده (حوض المستطيل : الطول حوالي 30 متر ، عمق الحوض يتراوح بين 3 الى 4 متر

3. السرعة الافقية للمياه في حوض الترسيب لا تزيد عن 30 سم/دقيقة

زمن المكوث في تنك الترسيب

زمن المكوث detention time: هو الوقت اللازم لبقاء المياه في تنك الترسيب حتى يتم عملية الترسيب على اكمل وجه و تقاس بالساعات

$$\text{زمن المكوث} = \frac{\text{حجم التنك}}{\text{تدفق الحجمي للمياه الى تنك}}$$

مثال : حوض الترسيب دائري الشكل حجمه 480 م3 يتدفق اليه الماء بمعدل 3785 م3 / يوم ، كم مدة مكوث الماء في الحوض :

الزمن =(480 م3) / (3785 م3/يوم)

= 0.127 يوم * 24 ساعة = 3 ساعات

Water Softening

الوحدة الخامسة : ازالة عسر المياه- طريقة الجير- الصودا

Eng.Nusybah AL-AMAYREH

عسر المياه

** عسر المياه : هو احتواء الماء على نسبة عالية من ايونات الكالسيوم Ca^{+2} أو ايونات المغنيسوم Mg^{+2}

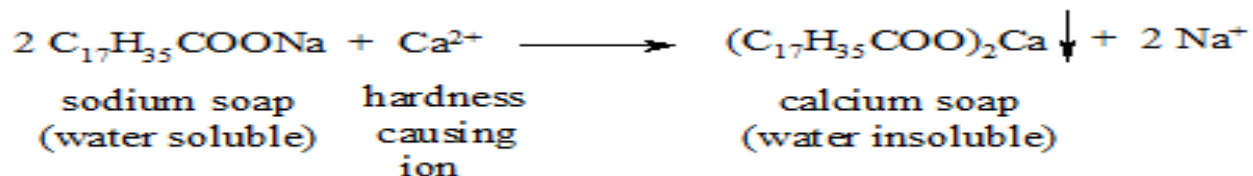
** تعتبر عسر المياه من المشكلات المهمة لانها تسبب التكلس على السطوح المعدنية

مثال : عند تسخين المياه تحتوي على ايونات كالسيوم Ca^{+2} و HCO^{-}_{3} (ايونات البايكربونات) فانها تشكل كربونات الكالسيوم المترسبة الغير قابلة للذوبان

** كربونات كالسيوم $CaCO_3$ الناتجة هنا تغطي سطوح انظمة التسخين المياه و تؤدي الى انسداد الانابيب و انخفاض كفاءة التسخين ، لذلك يجب معالجة مشكلة عسر المياه قبل ادخالها على المصانع و الى المنازل

** عسر المياه يجعل من الصعب تكون رغوة الصابون و لكن يساهم في تكوين رواسب بيضاء على سطح الصابون ، كما في التفاعل التالي

$$2\ C_{17}H_{35}COONa + Ca^{2+} \longrightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2Ca \downarrow + 2\ Na^{+}$$

sodium soap (water soluble) — hardness causing ion — calcium soap (water insoluble)

** و بشكل عام يقوم عسر المياه بتقليل كفاءة و عمل المنظفات المستخدمة في المنازل

** تصنف المياه بناء ا على تركيز الايونات المسببة للعسر الى انواع كالتالي :

تركيز ايونات عسر المياه (مغ/لتر)	نوع المياه
0 - 75	SOFT WATER مياه لينة
75 - 100	صلابة معتدلة
100 - 300	Hard Water مياه صلبة
>300	very مياه في غاية الصلابة hard water

** أنواع صلابة المياه

١. عسر المياه الكربوني (CH)

** ايونات الكالسيوم و المغنيسوم هنا كانت مرتبطة بالاصل مع HCO_3^- و CO_3^{-2}

** في هذا النوع تتواجد CO_3^{-2} و HCO_3^- في الماء

** تسمى احيانا بعسر المياه المؤقت لانها تزول مع تسخين و تتراكم على شكل رواسب بيضاء في قاع سخان المياه

٢. عسر المياه الغير كربوني (NCH)

** ايونات الكالسيوم و المغنيسيوم مرتبطة بالاصل مع Cl^- ، SO_4^{-2}

** كانت الايونات بالاصل على شكل كلوريد الكالسيوم و كبريتيد المغنيسيوم و كلوريد المغنيسيوم

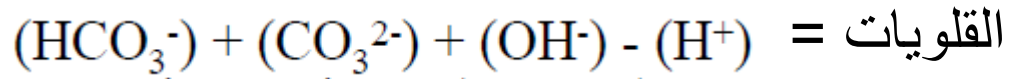
مجموع الصلابة (عسر المياه) = تركيز ايونات الكالسيوم + تركيز ايونات المغنيسيوم

** تقاس عسر المياه (صلابة المياه) بوحدة مع/لتر على شكل $CaCO_3$

القلويات

** هو عنصر مهم في كيمياء المياه و له علاقة وثيقة بعسر المياه

** تقيس القلويات قدرة المياه على معادلة الاحماض فيه

القلويات = $(HCO_3^-) + (CO_3^{2-}) + (OH^-) - (H^+)$

* نلاحظ من المعادلة السابقة ان القلويات تعني مجموع تراكيز القواعد في الماء

الرابط بين هذه التراكيز هو المعادلات التالية

$$10^{-10.33} = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO3-]} \quad , \quad 10^{-14} = [H^+] \bullet [OH^-] \quad , \quad [H^+] = 10^{-pH}$$

** تقل تركيز القلويات في الماء مع انخفاض درجة الحموضة

** ملاحظة : [] تعني تراكيز

حل مشكلة عسر المياه

تتم حل مشكلة عسر المياه بطريقتين

١. طريقة الترسيب باستخدام الجير- رماد الصودا

٢. طريقة التبادل الايوني

الطريقة الاولى : طريقة الترسيب باستخدام الجير-رماد الصودا lime- soda ash softening

**تتضمن هذه الطريقة معالجة المياه عن طريق اضافة الجير $Ca(OH)_2$

و رماد الصودا Na_2CO_3

** بعد اضافة الجير و الصودا ستترسب ايونات الكالسيوم و المغنيسيوم على شكل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$

و هيدروكسيد المغنيسيوم $Mg(OH)_2$

** يتم اضافة الجير الحي $Ca(OH)_2$

في حالة وجود العسر الكربوني أي وجود ايونات HCO^-_3

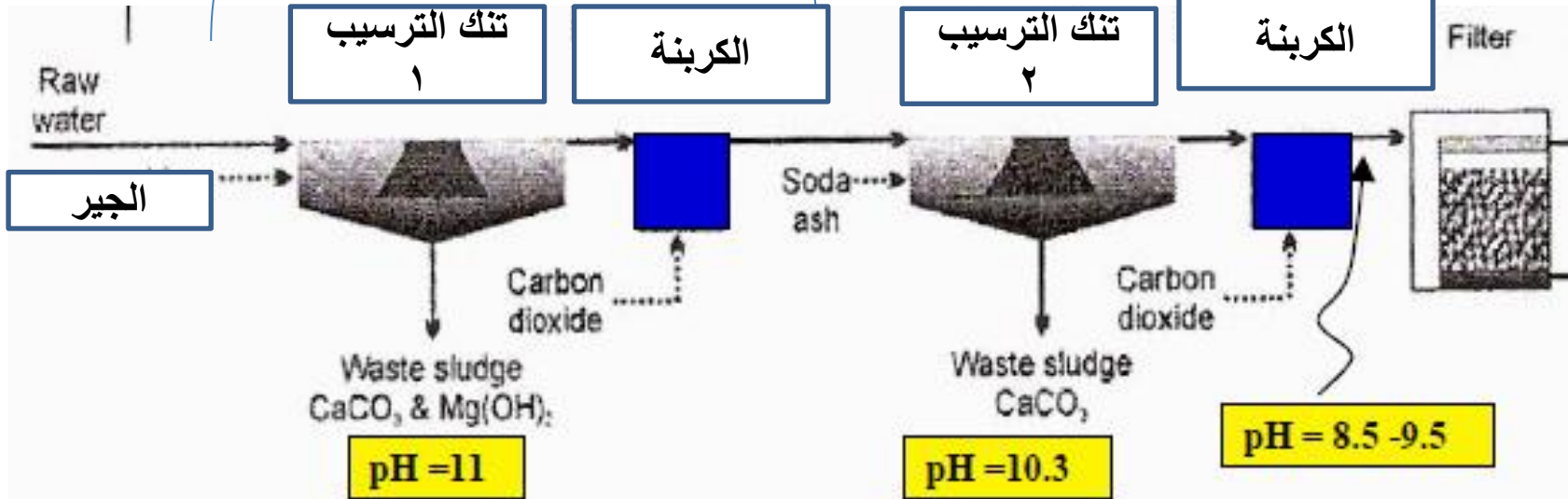
و ينتج عن هذه الاضافة ترسب الكالسيوم على شكل كربونات الكالسيوم و المغنيسيوم على شكل هيدروكسيد المغنيسيوم كما في المعادلتين التاليتين

$$Ca^{2+} + 2HCO_3^- + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3(s) + 2H_2O$$

$$Mg^{2+} + 2OH^- \rightarrow Mg(OH)_2(s)$$

** يتم اضافة رماد الصودا لمعالجة العسر الغير كربوني أي في حالة عدم وجود ايونات كربونية و ينتج عنها نفس نواتج اضافة الجير (كربونات الكالسيوم و هيدروكسيد المغنيسيوم) و لكن معادلة ترسيب الكالسيوم هنا مختلفة

$$Ca^{2+} + 2Cl^- + 2Na^+ + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3(s) + 2Cl^- + 2Na^+$$

المرحلة الاولى
المرحلة الثانية
تنك الترسيب ١
الكربنة
تنك الترسيب ٢
الكربنة
Filter
Raw water
الجير
Soda ash
Carbon dioxide
Carbon dioxide
Waste sludge CaCO3 & Mg(OH)2
Waste sludge CaCO3
pH =11
pH =10.3
pH = 8.5 -9.5

مراحل معالجة عسر المياه

** من الشكل السابق نلاحظ ان عملية اضافة الجير – رماد الصودا تتم في مرحلتين.

** معالجة المياه بهذه الطريقة تحتوي على :

١. خلاط سريع للمرحلة الاولى
٢. تنك ترسيب + خلاط بطيء للمرحلة الاولى
٣. تنك الكربنة للمرحلة الاولى
٤. خلاط سريع للمرحلة الثانية
٥. تنك الترسيب + خلاط بطيء للمرحلة الثانية
٦. تنك الكربنة للمرحلة الثانية
٧. تنك الفلترة

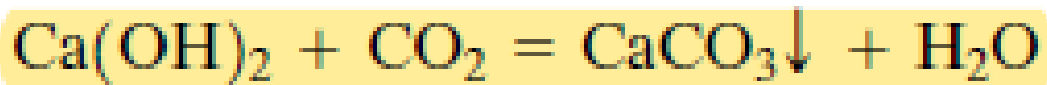
شرح العملية

<u>المرحلة الاولى</u>

يتم في هذه المرحلة اضافة الجير $Ca(OH)_2$

و الخلط السريع بعدها لتوزيع الجير في المحلول ، بعد هذه المرحلة يرتفع درجة الحموضة الى ١١

- و تترسب في هذه المرحلة $CaCO_3$ و $Mg(OH)_2$
- تتبعها عملية كربنة و يتم في تنك الكربنة اما ضخ ثاني اكسيد كربون سائل او غاز ليتفاعل مع الفائض من الجير الموجود في المحلول كما في المعادلة التالية

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$$

عندما يتم التخلص من الفائض من الجير تهبط درجة الحموضة الى ١٠,٣ قبل ادخال المياه الى المرحلة الثانية

المرحلة الثانية :

- يتم فيها اضافة رماد الصودا Na_2CO_3 فقط ، ثم الخلط السريع بعدها كربونات الكالسيوم سوف تترسب
- الكربنة في المرحلة الثانية تتم ايضا لتقليل درجة الحموضة الى ٨,٥ – ٩,٥
- في مرحلة الكربنة يتفاعل ثاني اكسيد الكربون مع $CaCO_3$ و $Mg(OH)_2$

كما في المعادلات التالية :

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$

$$Mg(OH)_2 + 2CO_2 = Mg(HCO_3)_2$$

تلخيص المراحل و وظائفهم

المرحلة الاولى :

١.التخلص من عسر المياه الكربوني المتكون من ايونات الكالسيوم

٢. تخلص من عسر المياه الكربوني و الغير كربوني المتكون من ايونات المغنيسيوم

٣. كربنة لتقليل درجة الحموضة من ١١ الى ١٠,٣

المرحلة الثانية :

١. ازالة عسر المياه الغير كربوني المتكون من ايونات الكالسيوم و الموجود اصلا بالمياه

٢. ازالة عسر المياه الغير كربوني المتكون من ايونات الكالسيوم الناتجة من المرحلة الاولى

٣. الكربنة لتقليل الحموضة من ١٠,٣ الى ٨,٥- ٩,٥

** بعد الانتهاء من طريقة الجير-الصودا نتوقع بقاء نسبة قليله من ايونات الكالسيوم قد تصل الى ٣٠مغ/لتر على شكل CaCO3 و ايونات المغنيسيوم = ١٠ مع/لتر على شكل CaCO3 و لكن هذا التركيز قليل جدا و لا يسبب التآكل او الترسب على المعدات و الانابيب.

الوحدة السادسة : التبادل الايوني + الادمصاص

Eng .Nusybah Al-Amayreh

التبادل الايوني

تعريفه : هي احدى طرق معالجة المياه التي يتم فيها سحب الايونات الغير مرغوب فيها من الماء و استبدالها بايونات معينة موجودة على سطح الراتنج(RESIN)

** الايونات الموجبة بالماء تستبدل بالايونات الموجبة الموجودة على سطح الراتنج

** الايونات السالبة بالماء تستبدل بالايونات السالبة الموجودة على سطح الراتنج

مثال : ايونات الصوديوم الموجبة تحل محل ايونات الكالسيوم و المغنيسيوم الموجودة في الماء المراد معالجته

و ايون هيدروكسيد -OH يحل محل -NO3

الراتنج (RESIN) تعرف بانها تراكيب كيميائية غير قابلة للذوبان بالماء توجد على شكل حبيبات صغيرة يتراوح حجمها عادة بين (٠,١ الى ١ مم) موجودة داخل المبادلات الايونية حتى تقوم بعملية التبادل الايوني

** تصنف الراتنج بناءا على الشحنه الحاملة لها :

١. الراتنج الموجب : Cationic resin

هو الراتنج الذي باستطاعته منح الايونات الموجبة لتحل محل الايونات الموجبة بالماء و التي بدورها تلتصق بسطح الراتنج

٢. الراتنج السالب Anionic resin

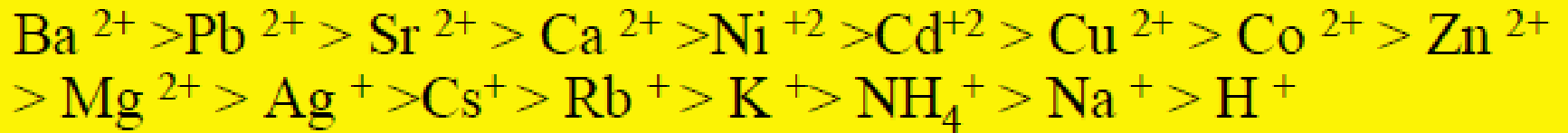
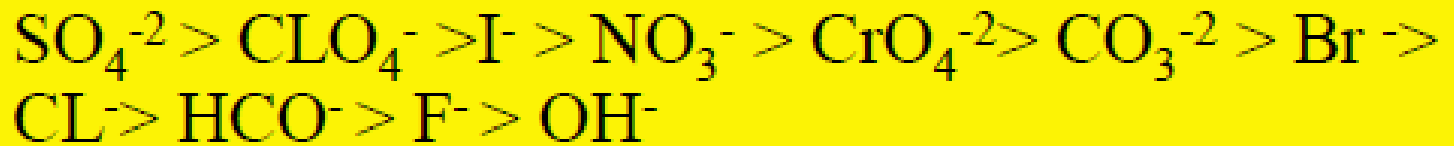
هو الراتنج الذي باستطاعته منح الايونات السالبة لتحل محل الايونات السالبة الموجودة بالماء و التي بدورها تلتصق بسطح الراتنج

** عملية التبادل الايوني محكوم بسلسلة الاولوية ، كالتالي :

للمبادلات الايونية الموجبة :

$Ba^{2+} > Pb^{2+} > Sr^{2+} > Ca^{2+} > Ni^{+2} > Cd^{+2} > Cu^{2+} > Co^{2+} > Zn^{2+} > Mg^{2+} > Ag^{+} > Cs^{+} > Rb^{+} > K^{+} > NH_4^{+} > Na^{+} > H^{+}$

المبادلات السالبة :

$SO_4^{-2} > CLO_4^{-} > I^{-} > NO_3^{-} > CrO_4^{-2} > CO_3^{-2} > Br^{-} > CL^{-} > HCO^{-} > F^{-} > OH^{-}$

ما المقصود بسلسة الاولوية ؟؟

المقصود بها انه الايونات الموجودة اول السلسة مثل Ba و Pb في الموجبة و SO4 , CLO4 في المبادلات السالبة لها القدرة على ان تأخذ مكان الايونات الموجودة في نهاية السلسة (Na , H, F, OH) على سطح الراتنج

الراتنج المستخدم في المبادلات الايونية

** كلا الراتنج الموجب و السالب يتم تصنيعهم و انتاجهم من نفس المواد

** الاختلاف بينهما هو في المجموعة الايونية المتصلة بشبكة الراتنج، و هذه المجموعة الايونية هي التي تحدد عملها و طبيعتها الكيميائية

** اهم المواد المستخدمة كمادة راتنج في المبادلات الايونية :

١. مادة الزيوليت : هي املاح يتم الحصول عليها طبيعيا و تتكون بشكل اساسي من السيليكات و الالومينات

٢. البوليمرات العضوية المنتجة صناعيا و هذا النوع هو الاكثر استخداما في المبادلات الايونية في معالجة المياه

استخدامات طريقة التبادل الايوني

١. ازالة عسر المياه :

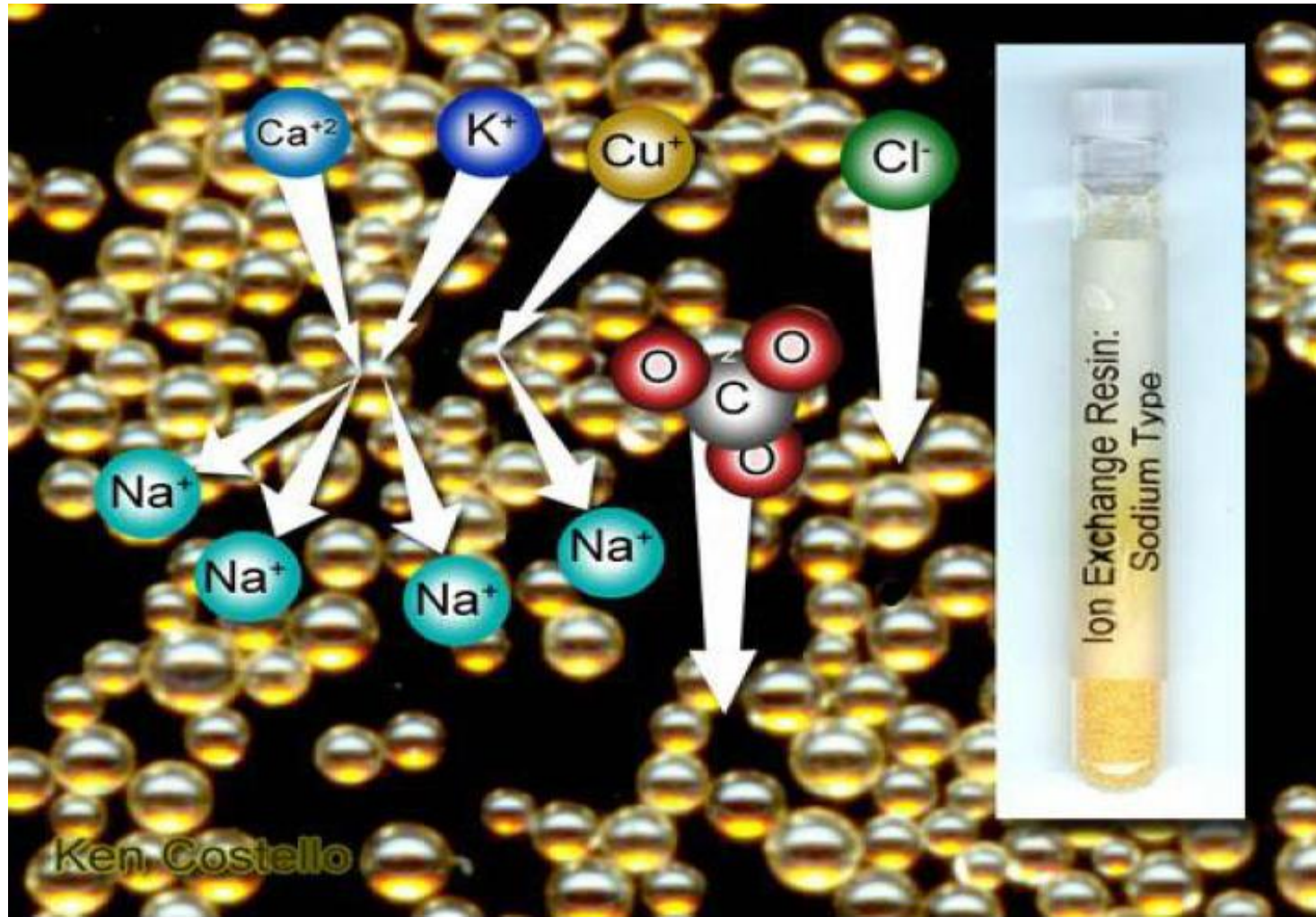
المبادل الايوني الذي يستخدم في ازالة عسر المياه يسمى بالمبادل الصودي

** في هذا العملية يفقد المبادل ايونات الصوديوم التي كانت متصلة بسطح الراتنج مقابل حصوله على ايونات Ca+2 و Mg+2

و المعادلة التي تمثل ما يحصل بالمبادل الصودي هي كالتالي :

$$Ca^{+2} + 2Na.R \longrightarrow Ca.R + 2Na^{+}$$

$$Mg^{+2} + 2Na.R \longrightarrow Mg.R + 2Na^{+}$$

حيث R ترمز لمادة الراتنج في المبادل الايوني.

صورة توضيحية للتبادل الايوني في المبادل الصودي

٢. تنقية الماء من الاملاح و الايونات الاخرى (التنقية من الاملاح)

** في هذه العملية يتم استخدام المبادل الايوني للتخلص من ايونات الاملاح الموجبة و السالبة

* مثال على الايونات الموجبة التي يتم التخلص منها (Ca+2, Na+, Ni+2)

- مثال على الايونات السالبة (CO_3^{-2} ، NO_3^- ، SO_4^{-2} ، Cl^-)
- طريقة التبادل الايوني هنا تتم في نوعين من المبادلات :

١. المبادل الايوني السالب : يتم في هذا المبادل استبدال الايونات السالبة الموجودة في الماء المراد التخلص منها ب(-OH) الموجود على مادة الراتنج و بذلك تخرج المياه خالية من الايونات السالبة و تصبح مادة الراتنج في المبادل محملة بهذه الايونات

٢. المبادل الايوني الموجب :

تستبدل الايونات الموجبة المراد التخلص منها ب(+H) الموجود على مادة الراتنج .

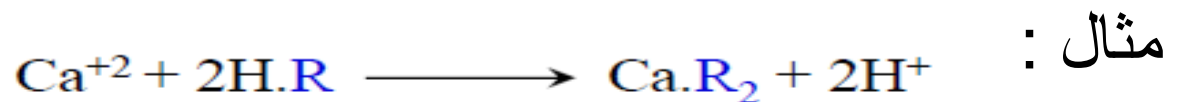
و التفاعل يتم في المبادل الايوني كالتالي :

١. تبادل ايون الهيدروجين على المبادل الموجب

$$M^{+a} + aH.R \longrightarrow M.R_a + aH^+$$

مثال :

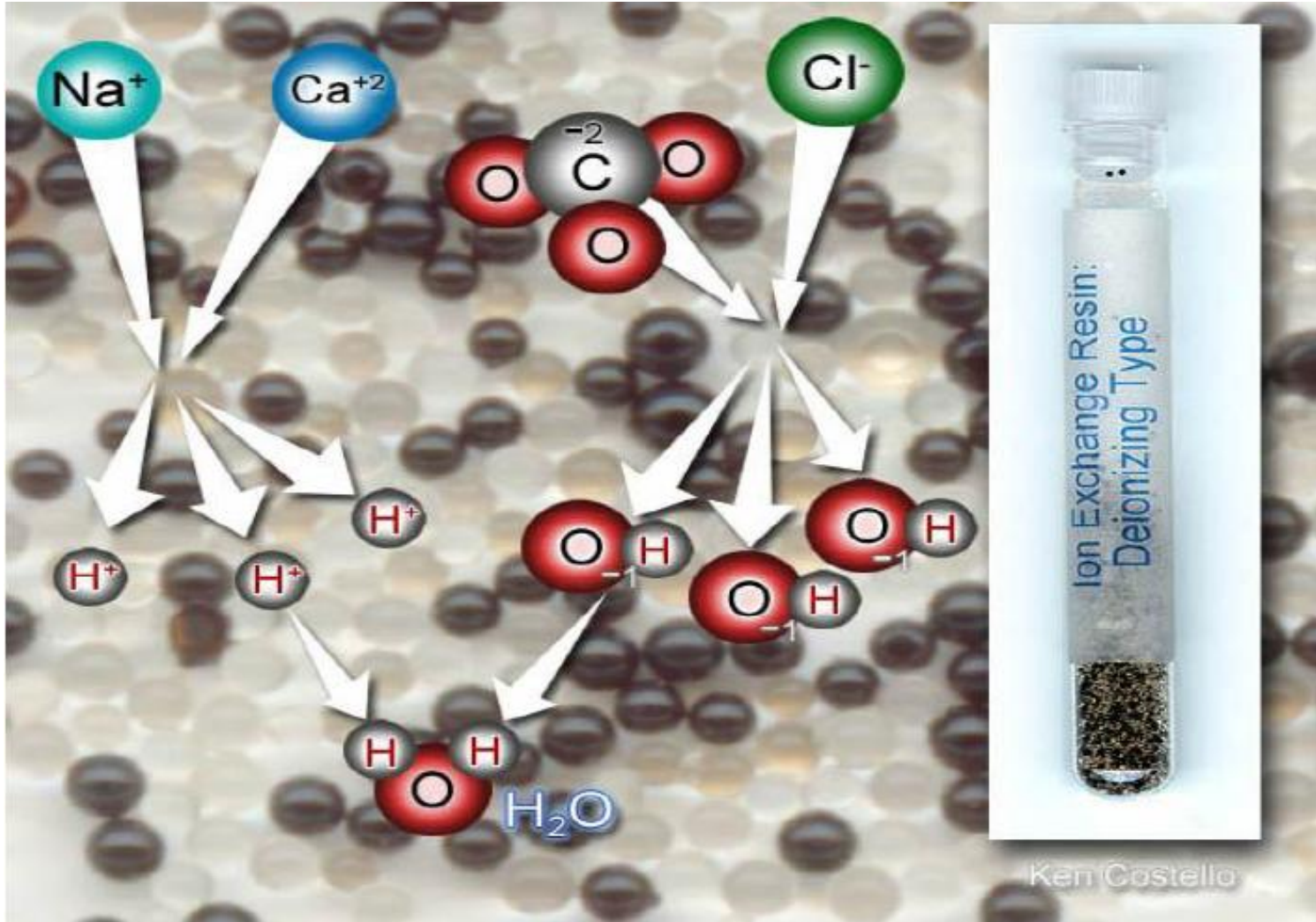
$$Ca^{+2} + 2H.R \longrightarrow Ca.R_2 + 2H^+$$

$$Na^+ + H.R \longrightarrow Na.R + H^+$$

٢. تبادل -OH على المبادل السالب

$$A^{-b} + bR.OH \longrightarrow R_b.A + bOH^-$$

مثال :

$$NO_3^- + R.OH \longrightarrow R.NO_3^- + OH^-$$

$$CO_3^{-2} + 2\,R.OH \longrightarrow R_2.CO_3^{-2} + 2OH^-$$

صورة توضيحية للتبادل الايوني في تنقية الاملاح

اعادة تجديد مادة الراتنج في المبادلات الايونية

* كل مبادل ايوني له طاقة استيعابية محددة لكمية الايونات التي يمكن ان يستوعبها و يحملها

* بعد فترة زمنية من العمل يصل المبادل الايوني الى حدوده القصوى من الطاقة الاستيعابية مما يؤدي الى عدم قدرته على ازاله الايونات من الماء بعد وصوله الى هذا الحد

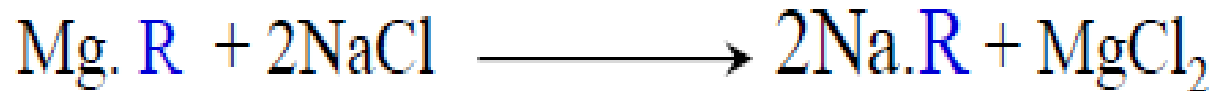
- النقطة التي يصل عندها هذا المبادل الايوني الى اقصى حد و يصبح غير قادر على معالجة المياه بعدها تدعى *بالنقطة القصوى من استيعاب المبادل الايوني* و بعد هذه النقطة يصبح من الضروري القيام بعملية تجديد لمادة الراتنج في المبادل الايوني
- عندما يصل المبادل الايوني الى النقطة القصوى من الاستيعاب يضطر العاملون في مصنع المعالجة الى اخراجه خارج الخدمة لحين اعادة تجديده

*طريقة اعادة تجديد مادة الراتنج في:

١. المبادلات الايونية المستخدمة لازالة عسر المياه :

- في المبادلات الايونية لازالة عسر المياه يتم استخدام محلول NaCl (كلوريد الصوديوم) حيث يتم استبدال ايونات كالسيوم و ايونات المغنيسيوم المتصلة بمادة الراتنج في ايونات الصوديوم .
- قوة المحلول الملحي تتغلب على قوة الرابطة بين ايونات الكالسيوم و المغنيسيوم مع مادة الراتنج و يتم التفاعل كالتالي
- معادلة تجديد مبادل الايوني (باستخدام محلول كلوريد الصوديوم)

$$Mg.R + 2NaCl \longrightarrow 2Na.R + MgCl_2$$

$$Ca.R + 2NaCl \longrightarrow 2Na.R + CaCl_2$$

٢. اعادة تجديد الراتنج في المبادلات الايونية في ازالة الاملاح الاخرى (عملية التنقية)

- يتم استخدام حمض قوي مثل H_2SO_4 و HCl لتجديد تنك الراتنج الذي يحتوي على ايون الهيدروجين
- يتم استخدام قاعدة قوية مثل هيدروكسيد الصوديوم لتجديد تنك الراتنج الذي يحتوي على ايون الهيدروكسيد OH^-
- المعادلات كالاتي :

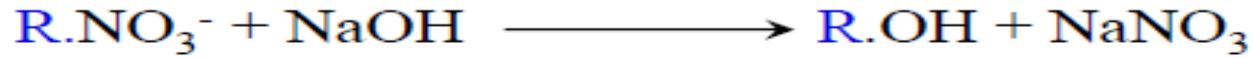
١. اذا كانت مادة الراتنج حاملة لايون الهيدروجين (باستخدام حمض الكبريتيك)

$$Ca.R + H_2SO_4 \longrightarrow 2H.R + CaSO_4$$

$$2Na.R + H_2SO_4 \longrightarrow 2H.R + Na_2SO_4$$

٢. اذا كانت الراتنج حاملة ايون الهيدروكسيد تجديد باستخدام قاعدة قويه

$$R.NO_3^- + NaOH \longrightarrow R.OH + NaNO_3$$

$$R_2.CO_3^{-2} + 2NaOH \longrightarrow 2R.OH + Na_2CO_3$$

مكونات نظام المبادلات الايونية

* اهم مكون هو تنك اسطواني مصنوع من الفولاذ يمتلك القياسات التالية

قطر : ١ – ٢ متر

ارتفاع : ٣ – ٤ متر

* المياه المراد معالجتها و المحملة بالايونات الكالسيوم و المغنيسيوم من الاعلى عن طريق نظام انبوبي يساعد على توزيع المياه في جميع انحاء التنك

* بالعادة يتم ضخ الماء المراد معالجته بتدفق يتراوح بين ٠,٥ الى ٧ لتر/ ثانية.م

* و لكن عند اعادة التجديد يتم ضخ محلول ملحي او القاعدة القوية او الحمض القوي المستخدم في تجديد مادة الراتنج من اسفل التنك المبادل بسرعة تتراوح بين ٠,٧ الى ١,٥ لتر/ثانية. م٢

شكل المبادلات الايونية

ايجابيات طريقة التبادل الايوني

١. لا يقتصر المعالجة بهذه الطريقة على ازالة ايونات الكالسيوم و المغنيسيوم و انما تشمل ايونات اخرى مثل الحديد و النيكل

٢. يمكنه معالجة مياه ذات جودات مختلفة

سلبيات التبادل الايوني

١. من شروط المعالجة بهذه الطريقة يجب ان تكون المياه خالية من العكورة

٢. المياه المراد معالجتها باستخدام هذه الطريقة يجب ان يكون خالي من الكلور

الادمصاص

تعرف بإنها عملية طبيعية ترتبط فيها الجزيئات المذابة بسطح مادة صلبة

** الجزيئات المراد التخلص منها بهذه الطريقة تكون مذابة في الماء و تنتقل الى سطح المادة الصلبة

* عملية الادمصاص تحدث على سطح المادة الصلبة و تحديد في ثقوب صغيرة جدا لا ترى بالعين المجردة

** الهدف من وجود الثقوب الصغيرة هو زيادة مساحة سطح الادمصاص و زيادة فعاليته

استخدامات عملية الادمصاص في معالجة المياه

١. تستخدم طريقة الادمصاص للتخلص من المركبات العضوية الذائبة بالماء مثل :

أ. الطعم و الرائحة التي تسببها بعض الكيماويات

ب. المركبات العضوية الصناعية

مثال على المركبات العضوية التي يحدث لها ادمصاص : تولوين/ بنزين/ كلوروفورم

** الذي يسبب التصاق هذه المركبات العضوية في سطح المادة الصلبة في مجموعة من القوى :

١. قوة فان دار ووال

٢. الرابطة الهيدروجينية

** امثلة على المواد الصلبة المستخدمة في المعالجة بطريقة الادمصاص

١. الكربون المنشط AC

٢. السيليكا

٣. البوليمرات الصناعية

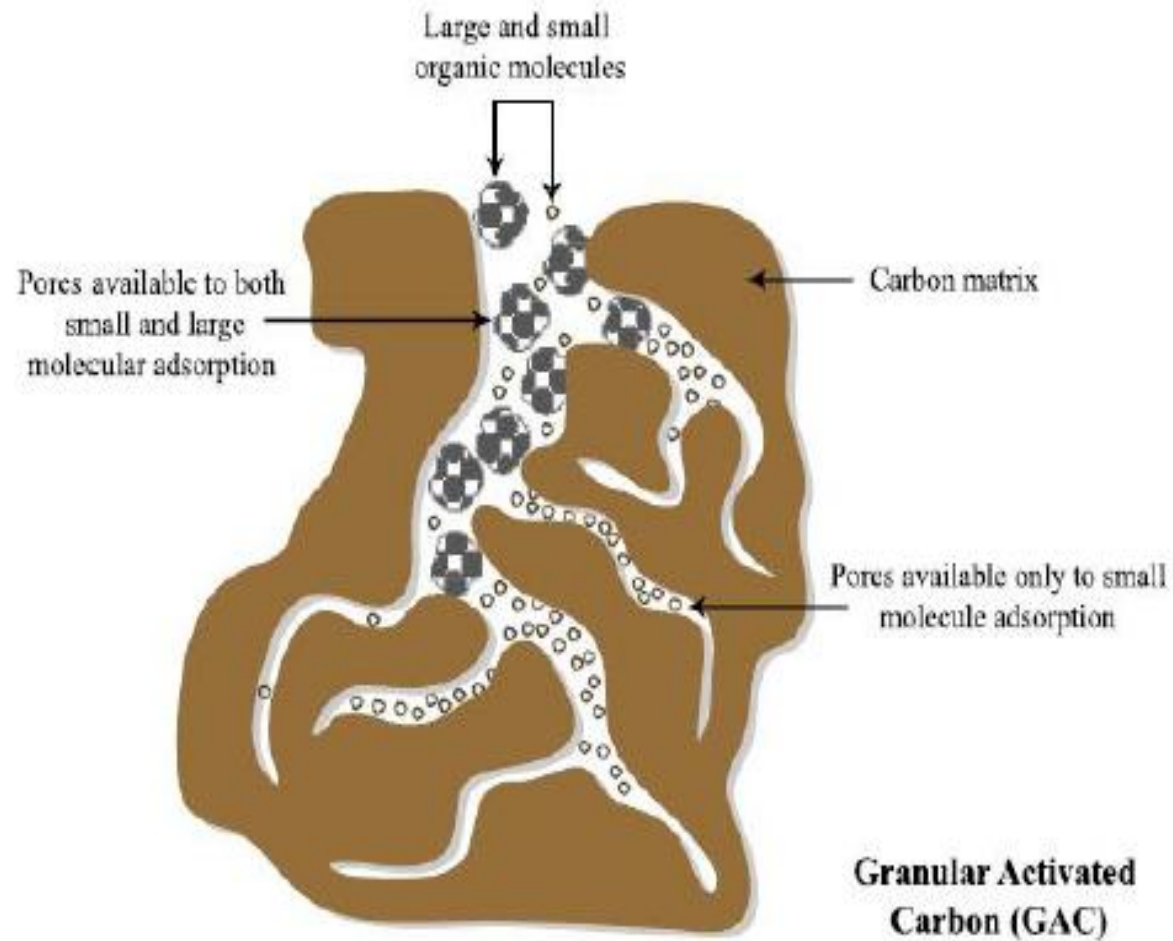
** الاكثر شهرة في معالجة المياه هو الكربون المنشط

Large and small organic molecules

Pores available to both small and large molecular adsorption

Carbon matrix

Pores available only to small molecule adsorption

Granular Activated Carbon (GAC)

عملية الادمصاص

الكربون المنشط

** طريقة تحضيره :

يتم تحضير الكربون المنشط المستخدم في ادمصاص المركبات العضوية من الماء المراد معالجته على خطوتين :

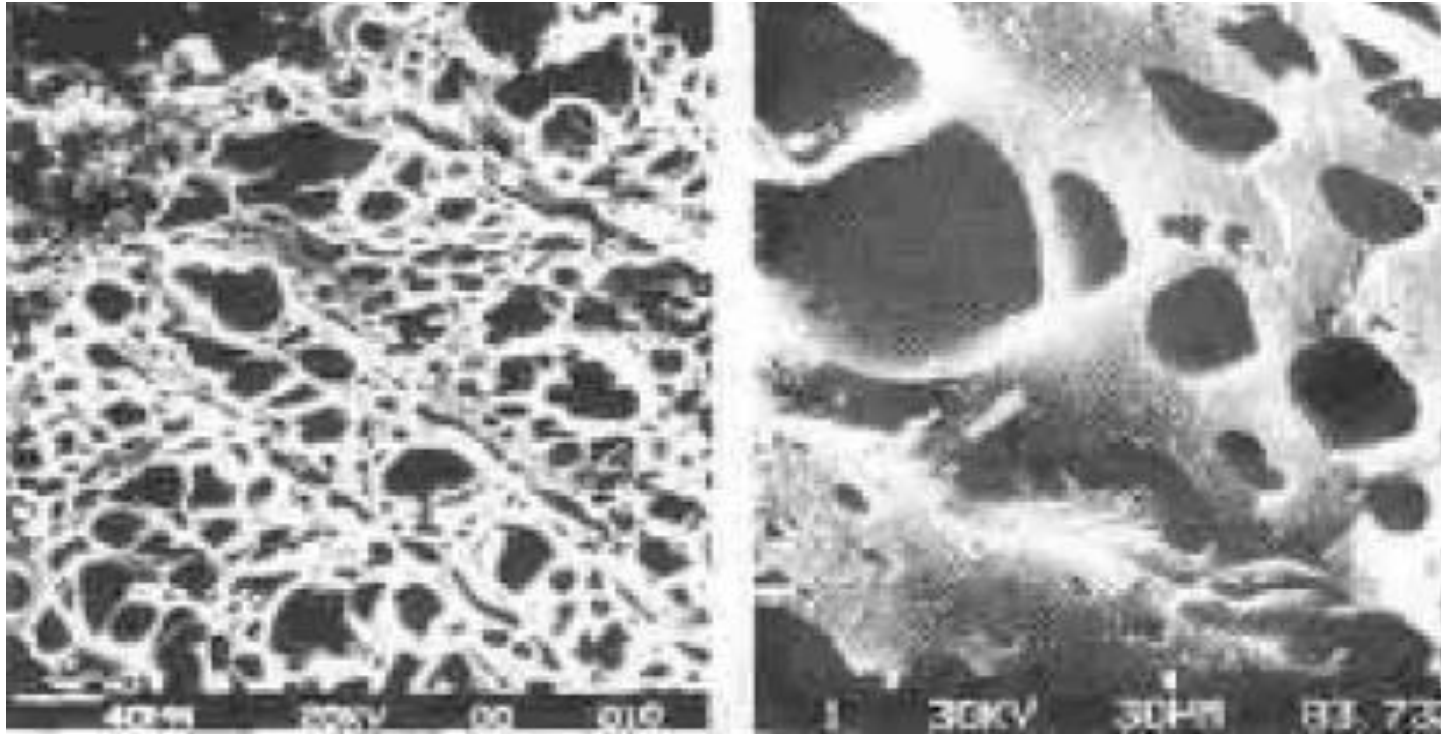
أ. الكربنة : و تشمل تسخين مواد مثل الاخشاب و قشرة جوز الهند الى درجة حرارة اقل من ٧٠٠ س لانتاج الفحم في افران خلال هذه العملية يتم تزويد الافران بالاكسجين مع مراقبة كمية الاكسجين المستخدمة

ب. التنشيط : الفحم الناتج من المرحلة السابقة يتم تعريضه الى البخار لانتاج الثقوب الصغيرة في الفحم

** يتكون الكربون المنشط المستخدم في عملية الادمصاص على شكلين :

١. بودرة و تدعى بودرة الكربون المنشط و حجم الحبيبات الكربون المنشط و حجم الحبيبات الكربون المنشط اقل من ٠,٠٧٤ مم و بالعادة تضاف الى التنك الذي يحتوي على الماء المراد معالجته ثم يخلط مع هذا ثم يترسب و اخيرا يتم التخلص منه بنفس طرق التخلص من الطمر

٢. الكربون المنشط المحبب : حجم الحبيبات فيه اكبر من ٠,١ مم (اكبر من بودرة الكربون المنشط) يوضع هذا النوع من الكربون المنشط في داخل تنكات معدنية يدعى بالاعمدة

الكربون المنشط بشكليه البودرة و المحبب

الثقوب الموجودة ف الكربون المنشط

** هذه الاعمدة تشبه المفاعلات الكيميائية التي تحتوي على عوامل مساعدة

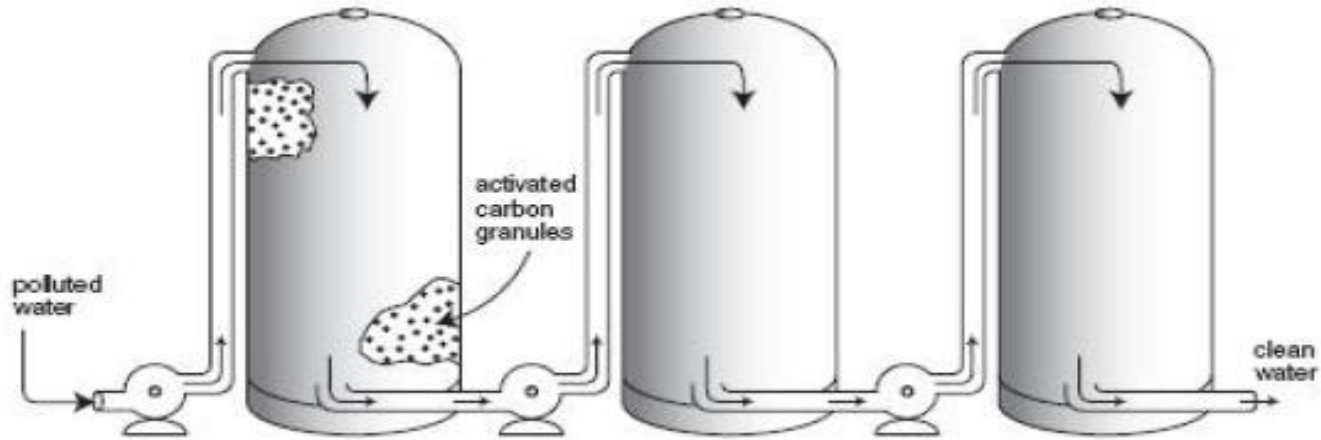
** تكون هذه الاعمدة ممتلئة بالكربون المنشط المحبب طول الاعمدة على الاغلب ٤ – ٥ متر و قطرها ١- ٢ متر

** الكربون المنشط المحبب يحتل ما يقارب ٢ – ٣ متر من العمود

** هناك نظام انبوبي لجمع المياه المعالج الى الخارج او ادخال المياه المراد معالجتها و توزيعها على السطح الكربون المنشط

تنك الادمصاص

** احيانا يكون هناك الاكثر من تنكات الكربون المنشط الحبيبي متصله ببعضها البعض

** احيانا تضاف تنكات الاحتياطية من تنكات الكربون المنشط حتى تعمل في وقت ايقاف التنكات الاساسية للصيانة

اعادة تجديد الكربون المنشط

** بعد استخدام الكربون المنشط في عملية ادمصاص المواد العضوية الذائبة في الماء لفترة فإن الكربون المنشط يصل الى سعته القصوى

* عندما يصل الكربون المنشط الى سعته القصوى فانه لا يستطيع المواصلة في عملية الادمصاص ، فنضطر الى اعادة تجديد الكربون المنشط

* الكربون المنشط الذي وصل الى حدوده القصوى و لا يستطيع القيام بعملية الادمصاص الا اذا تمت له عملية اعادة تجديد يدعى بالكربون المنشط المستهلك

عملية تجديد الكربون المنشط

** عملية اعادة تجديد الكربون المنشط المستهلك تتم عن طريق اخراجه من تنك المعالجة و تعريضه لمجموعة من المواد :

١. اضافة مواد كيميائية مؤكسدة لاكسدة و تحليل المواد العضوية المتصلة بسطح الكربون المنشط المستهلك

٢. بخار الماء لاخراج المادة العضوية الموجودة في ثقوب الكربون المنشط

** بالعادة بعد كل عملية اعادة تجديد يفقد الكربون المنشط ٢ الى ٥ % من سعته و قدرته على المعالجة

الوحدة السابعة : الترشيح (الفلترة)
تكنولوجيا الاغشية

Eng. Nusybah Al-Amayreh

** تتم الترشيح المياه باستخدام أغشية الترشيح

** **أغشية الترشيح** : هو حاجز فيزيائي يقوم بفصل المذاب (الاملاح الذائبة و العالقة) عن المذيب (الماء) عن طريق تطبيق ضغط ما او قوة دافعة معينة

** تكنولوجيا العلاج المياه بالاغشية ، تشمل : (أنواع الترشيح)

١. الترشيح الميكروي

٢. الترشيح فائق الدقة

٣. الترشيح النانوي

٤. التناضح العكسي

٥. الفصل الغشائي الكهربائي

** العمليات السابقة تختلف فيما بينها في :

أ. القوى المؤثرة على الاغشية (كهربائية ، قوى هيدروليكية)

ب. الية الفصل

Range	Ion Removal	Molecule Removal	Particle Removal

Diameter
Ångstroms: 10 | 100 | 1000 | 10,000
microns: 0.001 | 0.01 | 0.1 | 1

Size of Material Removed
Atoms
Metallic Ions
Pesticides
Sugars
Dissolved Salts
Powdered Carbons
Viruses
Proteins
Bacteria
Colloidal Material and Emulsions
Dissolved Solids
Suspended Solids

Membrane Filtration Process
Reverse Osmosis
Ultrafiltration
Nanofiltration
Microfiltration

Fig. 4.3

اسم العملية	القوى المؤثرة	ألية الفصل	حجم الفجوات في غشاء الترشيح
الترشيح الميكروي (MF)	فرق الضغط على جانبي الغشاء	غربلة	> 50 nm
ترشيح فائق الدقة (UF)	فرق الضغط على جانبي الغشاء	غربلة	2 – 50 nm
ترشيح النانوني NO	فرق الضغط على جانبي الغشاء	غربلة	<2 nm
التناضح العكسي RO	فرق الضغط على جانبي الغشاء	غربلة	<2nm
الفصل الغشائي الكهربائي	قوى دافعة كهربائية	تبادل ابوني مع غشاء الترشيح	<2nm

نوع الترشيح	يستطيع ازالتها	لا يستطيع ازالتها
الترشيح الميكروي	المواد الصلبة العالقة / العكورة	اللون / الفيروسات/ المواد الصلبة الذائبة
الترشيح فائق الدقة	الالوان و الروائح الناتجة عن المواد العضوية ، الفيروسات و الميكروبات	الاملاح الذائبة
التناضح العكسي و الترشيح النانوي	يجب ان تستخدم فقط لازالة الاملاح الذائبة	-
الفصل الغشائي النانوي	لازالة الايونات	الجزيئات غير المشحونة

* أشكال التصميمية للأغشية الترشيح :

١. النوع الانبوبي tubular modules
٢. نوع الشعيرات المجوفة hollow fiber
٣. نوع الحلزوني الملفوف spiral wound
٤. النوع الاطاري plate and frame

---

١. النوع الانبوبي (Tubular modules)

- انبوب مسامي مغطى بغشاء
- المحلول الذي يحتوي على الاملاح يضخ داخل الانبوب و هنا يضطر المحلول للاتجاه باتجاه قطري من خلال الانبوب المسامي و الغشاء المحيط به
- الماء يرشح من خلال الانبوب المسامي

* باقي المحلول الذي لا يستطيع الانسياب داخل فتحات الانبوب يخرج

النوع الانبوبي

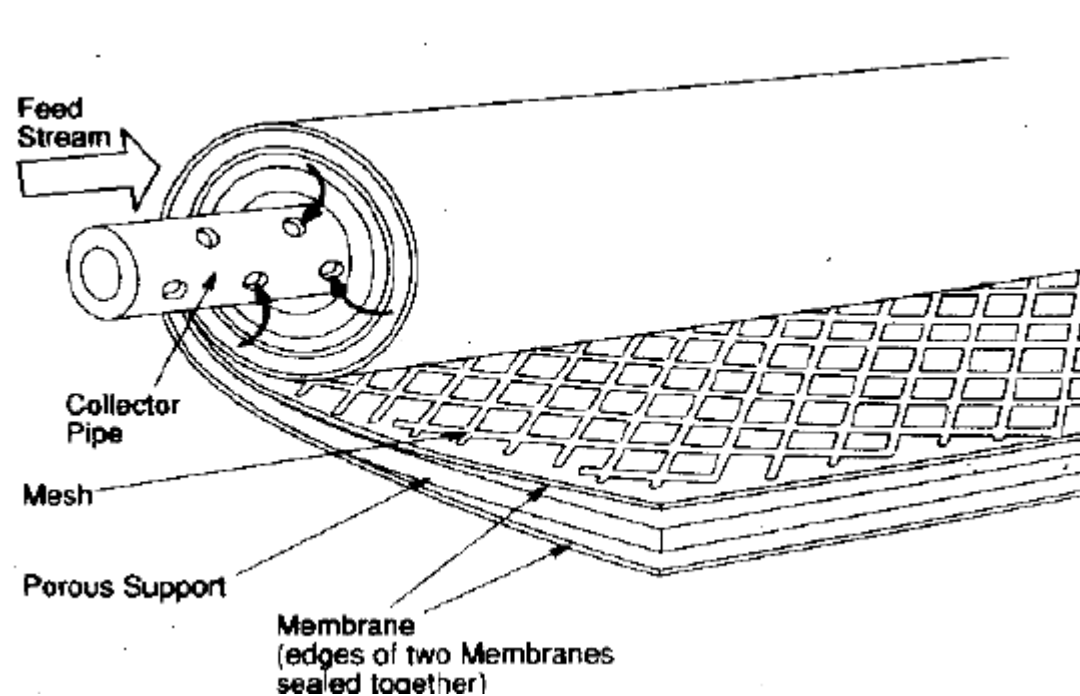
٢. نوع الشعيرات المجوفة

المئات و احيانا الالاف من الشعيرات مرتبطة مع بعض في انبوب

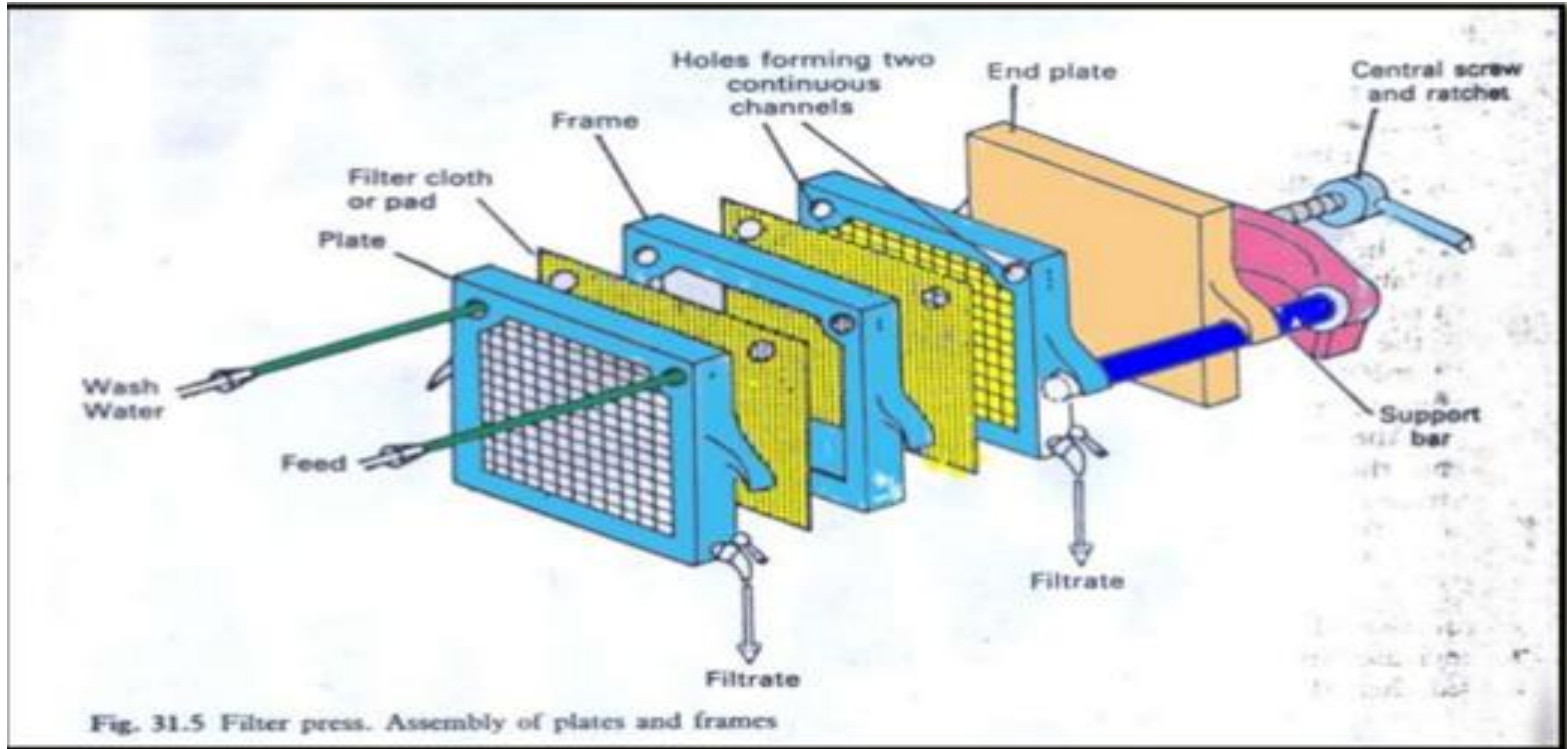
Hollow Fiber module

٢. النوع الحلزوني الملتف

* مشهور جدا

- عبارة عن محموعة من الطبقات الاغشية
- كل طبقتين من الاغشية تفصل بينهم شبكة
- كل هذه الطبقات ملفوفة حول انبوبة

٤. النوع الاطاري

المرشحات مصفوفة بشكل متوالي في هذا النوع و الماء يجري بينهم

Fig. 31.5 Filter press. Assembly of plates and frames

مصطلحات مهمة في تكنولوجيا الاغشية

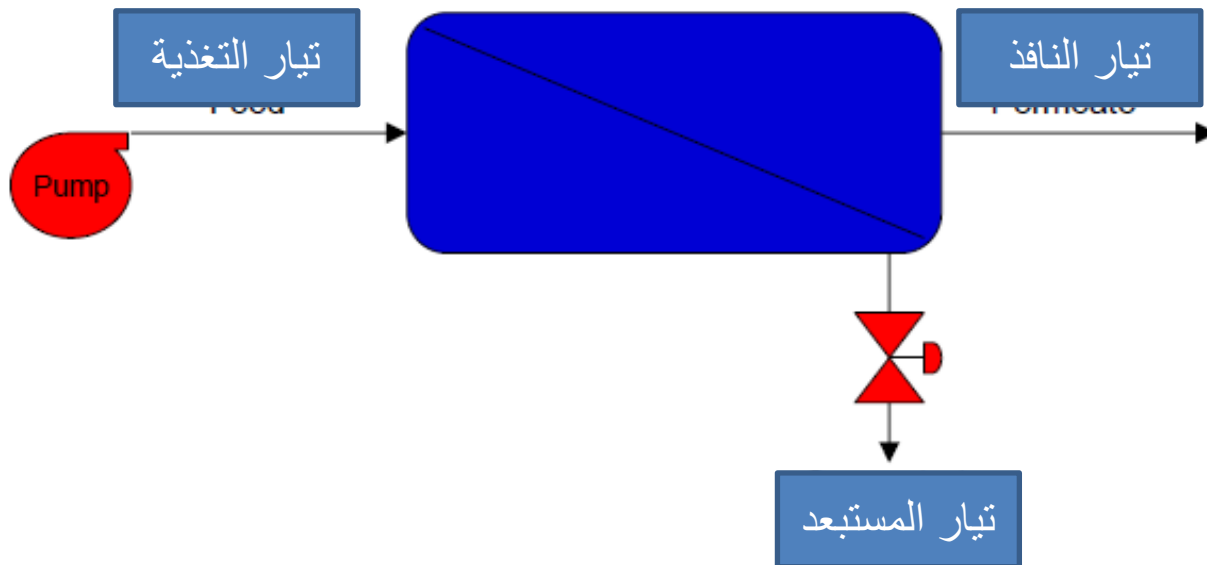
١. تيار التغذية (feed stream)

هو المياه الداخلة الى عملية الترشيح و المحملة بالاملاح و المواد التي نرغب بالتخلص منها

٢. التيار المستبعد : هو الجزء من تيار التغذية الذي يحتوي على نسب عالية من الاملاح و المواد الذائبة التي يتم معالجتها و تخرج من معالجة

٣. التيار النافذ : هو جزء من تيار التغذية الذي استطاع عبور و تغلغل من خلال الاغشية الترشيح ، و بالتالي تمت معالجته من الاملاح و المواد الذئبة فيه

تصميم نظام الترشيح بالاغشية

١. المضخة : لضغط تيار التغذية
٢. الصمامات للتحكم بضغط التيار المستبعد الخارج
٣. اغشية الترشيح

العوامل المؤثرة في اداء عملية الترشيح

١. الضغط : تتناسب كفاءة عملية الترشيح مع الضغط تناسبا طرديا

٢. تركيز الاملاح في مياه التغذية : علاقة عكسية مع كفاءة عملية الترشيح

** المادة المصنوع منها الانسجة ، يجب ان تمتاز :

١. بالقدرة على تحمل تدفق العالي
٢. عدم حدوث تكلسات او انسدادات
٣. مستقرة كيميائيا
٤. غير قابلة على التحلل

- المادة التي تستخدم بالعادة في صناعة الاغشية :

١. البوليمرات الصناعية مثل :بولي سلفون PS
٢. اغشية السيراميك

اهم المشاكل التي تواجه معالجة المياه بهذه الطريقة هي التكلس

* **التكلس** : هو تراكم و مادة صلبة على سطح اغشية الترشيح ، هذه المادة الصلبة نتاج مرور المياه على سطح الاغشية

* التكلس يقلل من كفاءة عملية الترشيح

* يمكن تقليل التكلس على سطح الاغشية الترشيح عن طريق المعالجة المسبقة للمياه للتخلص من المواد المسببة للتكلس قبل ادخالها على عملية الترشيح ، و تشمل المعالجة المسبقة :

١. التخلص من ايونات المغنيسيوم و الكالسيوم

٢. تعقيم المياه باستخدام الاوزون و الكلور للحد من النشاط البكتيري

٣. التحكم بدرجة الحموضة عن طريق اضافة حمض الكبريتيك

الوحدة الثامنة : التعقيم

Eng.Nusybah Al-Amayreh

التعقيم disinfection

* التعقيم : هو تدمير الميكروبات الضارة عن طريق عدة آليات متبعة.
* آليات التعقيم :

١. تدمير جدار الخلية الميكروبية (الاوزون ، كلور)
٢. تغيير نفاذية الخلية (المركبات الفينولية)
٣. تعديل المادة الوراثية في الخلية DNA , RNA (الاشعاع)
٤. تثبيط نشاط الانزيمات في الخلية (الكلور)

العوامل التي تؤثر في عملية التعقيم

١. الوقت اللازم للاحتكاك بين مادة تعقيم و الخلية الميكروبية (contact time)
٢. تركيز و طبيعة الكيميائية للمادة التعقيم
٣. البيئة المحيطة بعملية التعقيم (درجة الحموضة ، درجة الحرارة)
٤. خصائص الميكروبات الموجودة في الماء

* المواد و العوامل المستخدمة في التعقيم :

١. العوامل المؤكسدة (الاوزون ، الهالوجينات)

٢. المركبات العضوية

٣. العوامل الفيزيائية (الحرارة ، الاشعة الفوق البنفسجية)

---

* طرق التعقيم :

١. الكلورة ٢. اضافة الاوزون ٣. الاشعة الفوق بنفسجية

---

١. الكلورة :

* اضافة الكلور هي الطريقة الاكثر شيوعا في التعقيم ، لعدة اسباب:

أ. فعاليته عالية ب. رخيص مقارنة بالطرق الثانية

* المركبات الكلورية المستخدمة في معالجة المياه :

كلور Cl_2 ، هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl ، هيبوكلوريت الكالسيوم $Ca(OCl)_2$

ثاني اكسيد الكلور ClO_2

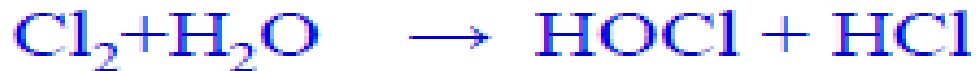
** يمكن استخدام الكلور بشكليه : الغاز و السائل

*غاز الكلور يمكن تحويله الى سائل عن طريق تعريضه للضغط العالي (٥- ١٠) ضغط جوي

- يضاف الكلور بجرعة تتراوح من (٠,٥ – ١) ppm و لا تستهلك هذه الكمية كلها بل يجب ان تتبقى كمية لا تتعدى (٠,١) ppm لمعرفة منها ان الماء قد نقي من البكتيريا

- **<u>كيمياء الكلور فى المياه :</u>**

١. غاز الكلور يتفاعل مع الماء بسهولة لتكوين حمض الهيبوكلوريت (HOCl) و حمض الهيدروكلوريك (HCl)

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$$

١. حمض الهيبوكلوريت يتفكك لانتاج ايون هيبوكلوريت

$$HOCl \rightarrow H^+ + OCl^-$$

* يتفاعل حمض الهايبوكلوريت مع ايون الهيبوكلوريت مع الميكروبات و يسبب بتدميرها عن طريق اما تثبيط نشاط الانزيمات فيه او تحطيم الجدار المحيط بالميكروب و التفاعل يكون على الشكل التالي

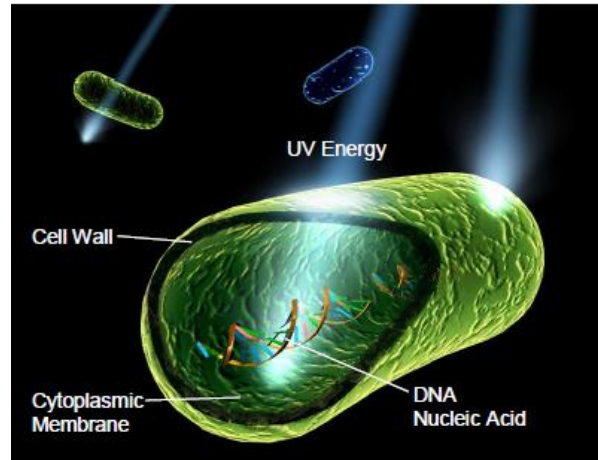
حمض الهيبوكلوريت (HOCl) + الميكروب نشيط ⟵ ميكروب ميت + ماء + ايون الكلور

ايون الهيبوكلوريت(-Ocl) + الميكروب نشيط ⟵ ميكروب ميت + ايون الكلور + ايون الهيدروكيسيد

** تركيز جرعة الكلور :

يتم تحديد جرعة الكلور بواسطة التعليمات خاصة تصدر عن دائرة المختبرات و مراقبة المياه في سلطة المياه و ذلك بعد عملهم تجارب مخبرية حيث يضاف فيها تركيزات مختلفة من الكلور و تترك لفترة تلامس من ١٠ الى ٢٠ دقيقة و بحيث يكون الكلور المتبقي بعد التجربة في حدود من ٠,١ الى ٠,٢ جزء من مليون ppm

٢. الاشعة فوق البنفسجية UV

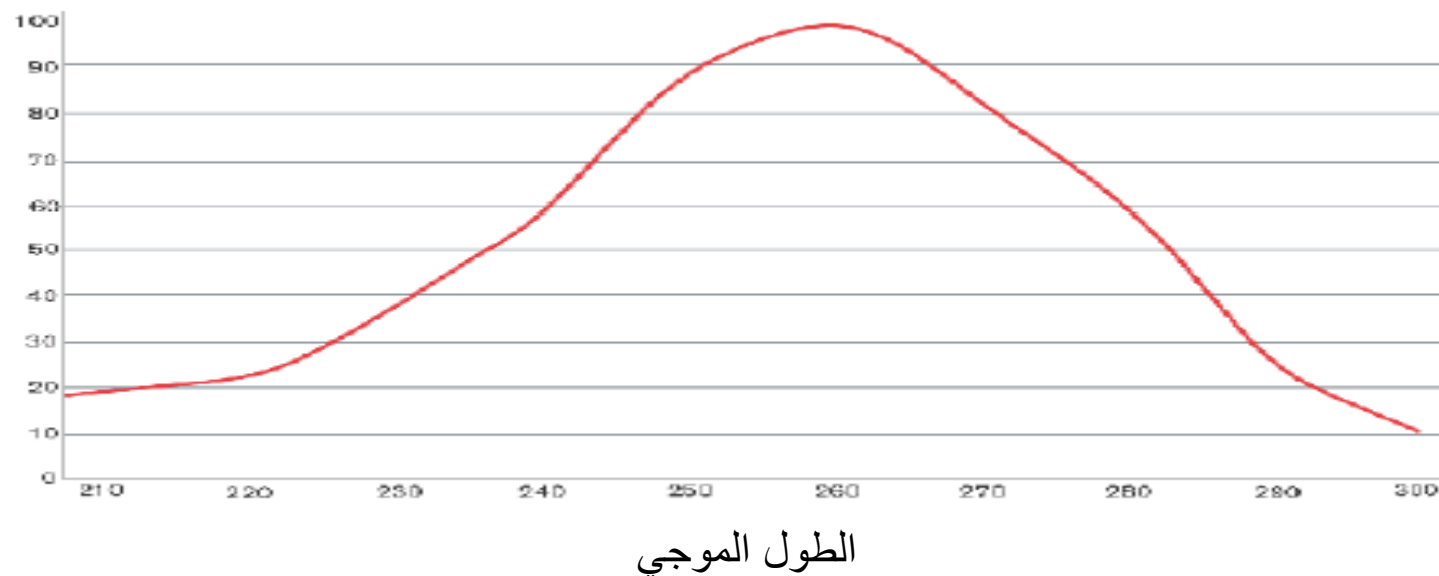
- ضوء الاشعة الفوق بنفسجية التي طولها الموجي مساوي ل٢٥٤ نانومتر يخترق غشاء المحيط بالخلية .
- كمية اشعة الفوق بنفسجية التي تصل الخلية الميكروبية تدعى الشدة
- طاقة الاشعة الفوق بنفسجية تعدل تركيبة الوراثية DNA , RNA في الخلية الميكروبية بشكل دائم و تصبح وقتها ميكروبات غير قادرة على الاستمرار في المعيشة او تسبب بالامراض
- تعتبر هذه الطريقة فعالة في القضاء على البروتوزون و البكتيريا و الفيروسات

** تتراوح الطول الموجي للاشعة الفوق بنفسجية المستخدمة في التخلص من الميكروبات بين ٢٥٠ الى ٢٧٠ نانومتر

* و لكن فعالية الاشعة الفوق البنفسجية تكون قيمتها على ٢٥٤ نانومتر كما في الشكل التالي :

فعالية التعقيم

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

210 220 230 240 250 260 270 280 290 300

الطول الموجي

ايجابيات طريقة الاشعة فوق البنفسجية

١. لا خطورة فيها بسبب عدم احتوائها على مواد كيميائية
٢. لا تنتج نواتج جانبية
٣. لا بقايا تنتج عنها
٤. لا تتأثر فعاليتها بالحرارة او درجة الحموضة
٥. تحتاج فترة احتكاك قصيرة بين الماء و لمبات الاشعة فوق البنفسجية
٦. كلفة صيانتها قليلة

سلبياتها

١. تكلفة الاجهزة في هذه الطريقة مرتفعة

٢. ليست فعالة على نوع معين من الفيروسات

جرعة الاشعة فوق البنفسجية

جرعة الاشعة فوق البنفسجية =

شدة الاشاعة فوق البنفسجية X وقت الاحتكاك بين الماء و لمبات الاشعة فوق البنفسجية

- شدة الاشعة فوق البنفسجية : هو كمية ضوء الاشعة فوق البنفسجية الساقطة على وحدة مساحة
- وحدة الجرعة (واط . ثانية/ سم٢)

أنواع انظمة الاشعة فوق البنفسجية

١. قناة مفتوحة (أفقية أو عامودية)

٢. غرف مغلقة

٣. اضافة الاوزون

* الاوزون يعتبر من اقوى المواد المعقمة المتوافرة
* فعاليته اعلى من الكلور
* و لكن تكلفته العالية و صعوبة التحكم فيها تحت ظروف مختلفة تجعله نادر

* تصنيع الاوزون تتم في مصنع معالجة المياه عن طريق تمرير هواء او اكسجين جاف خلال نظام يحتوي على اقطاب عالية الجهد

الوحدة التاسعة : التـهويـة

Eng.Nusybah Al-Amayreh

* التهوية :
* تعتبر من المراحل الاولى في المعالجة بعد المعالجة الاولية في مصنع المعالجة
* تقوم التهوية بتعريض الماء الى الهواء الخارجي مما يؤدي الى ازالة الغازات الذائبة في الماء و انتقالها الى الهواء

* تقوم التهوية ايضا بازالة المعادن عن طريق عملية الاكسدة ، عندما تتم اكسدة الايونات المعدنية و تحويلها الى اكاسيد فإنها تتحول الى جزيئات صلبة يمكن التخلص منها عن طريق الفلترة

* المركبات التي يتم ازالتها بهذه الطريقة هي :
١. المركبات العضوية المتطايرة مثل البنزين
٢. الامونيا
٣. الكلور
٤. كبريتيد الهيدروجين ٥. ثاني اكسيد الكربون
٦. الميثان ٧. الحديد و المنغنيز

- التركيز العالي لثاني اكسيد الكربون يقوم بخفض PH مما يعني زيادة الحموضة الماء
- اذا كانت تركيز ثاني اكسيد الكربون اكبر من ١٠ مغ/ لتر ، هنا تصبح الحاجة ملحة لاستخدام طريقة التهوية المياه للتخلص من ثاني اكسيد الكربون
- تعريض المياه للهواء لثانيتين فقط سوف يقلل تركيز ثاني اكسيد الكربون مقدار ٧٠ – ٨٠ %
- طريقة التهوية تتخلص من الروائح و الطعم الكريهين التي تسببها المركبات العضوية المتواجدة في الماء لكنها لا تصلح لازالة الطعم و الرائحة التي تسببها الطحالب ، لان زيوت الطحالب المسبب لرائحة الو الطعم لا تعتبر من المواد المتطايرة

* كمية الاكسجين المضافة للماء يجب ان تكون محدودة لان الماء الذي يحتوي على كميات كبيرة من الاكسجين يمكن ان تسبب تآكل بالمعادن

** طريقة التهوية تقسم الى صنفين رئيسيين :

١. الطرق التي تدخل الهواء الى الماء: بالعادة هذه الطرق بتحويل الهواء الى فقاعات

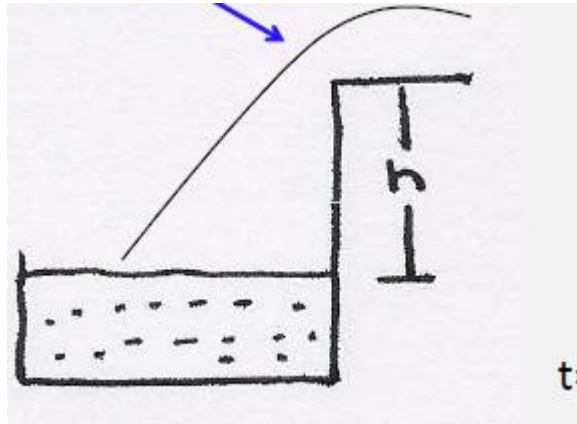
٢. طرق التي تدخل الماء الى الهواء: تقوم هذه الطريقة بالعادة بتحويل الماء الى قطرات صغيرة تتطاير بالهواء

** كل الطرق التهوية مصممة لخلق مساحة سطح احتكاك بين الماء و الهواء تكون كبيرة لزيادة انتقال الغازات من الماء الى الهواء و ايضا لزيادة فعالية التفاعل الاكسدة

* طرق ادخال الماء الى الهواء ، تشمل الطرق التالية :

١. نظام التهوية على شكل شلال

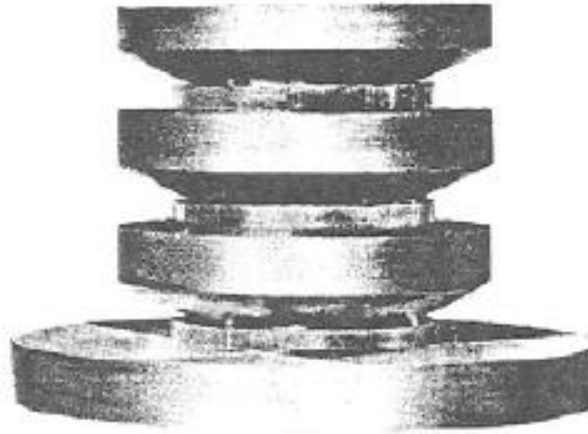
- اقدم التهوية و اكثر الطرق انتشارا
- يقوم بإكسدة الحديد و تخلص الجزئي من الغازات الذائبة
- المياه بهذه الطريقة تتدفق على سلسلة من الادراج المتتابعة
- يمكن حساب الوقت الكافي لتعرض المياه على سطح هذه الادراج للهواء بالقانون التالي :

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

h : ارتفاع الدرج عن سطح الماء

g : هو تسارع الجاذبية الارضية

- ارتفاع الدرج عن سطح الماء يمكن حسابه بالاعتماد على سرعة جريان المياه :

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

٢. طرق التهوية على شكل مخروط :

- يستخدم لاكسدة الحديد و المنغنيز
- يشبه نظام التهوية على شكل شلال و لكن هنا تضخ المياه من الاعلى نزولا للاسفل

٣. اجهزة التهوية الناشرة للرذاذ :

- الماء يوزع الى الهواء الخارجي على شكل قطرات ماء صغيرة

- يتم نشر قطرات الماء في الهواء ،و تحتاج هذه الطريقة مساحة كبيرة لتجميع المياه

Air containing contaminants

Influent water

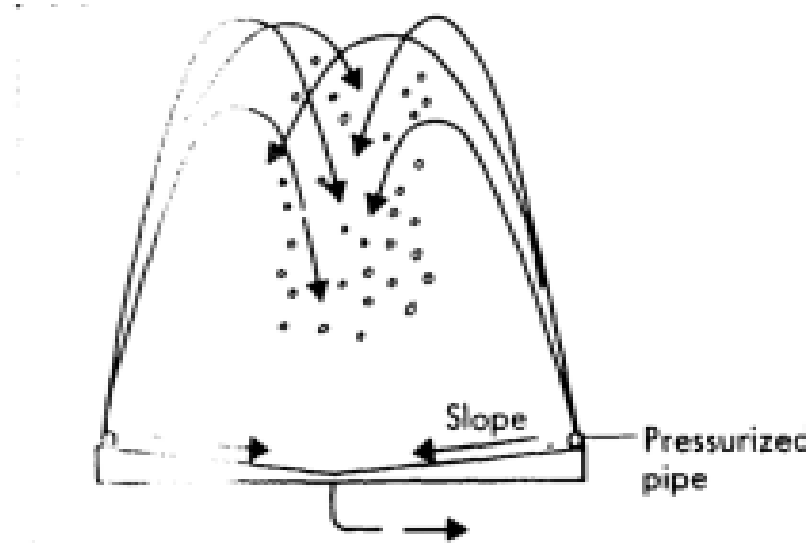
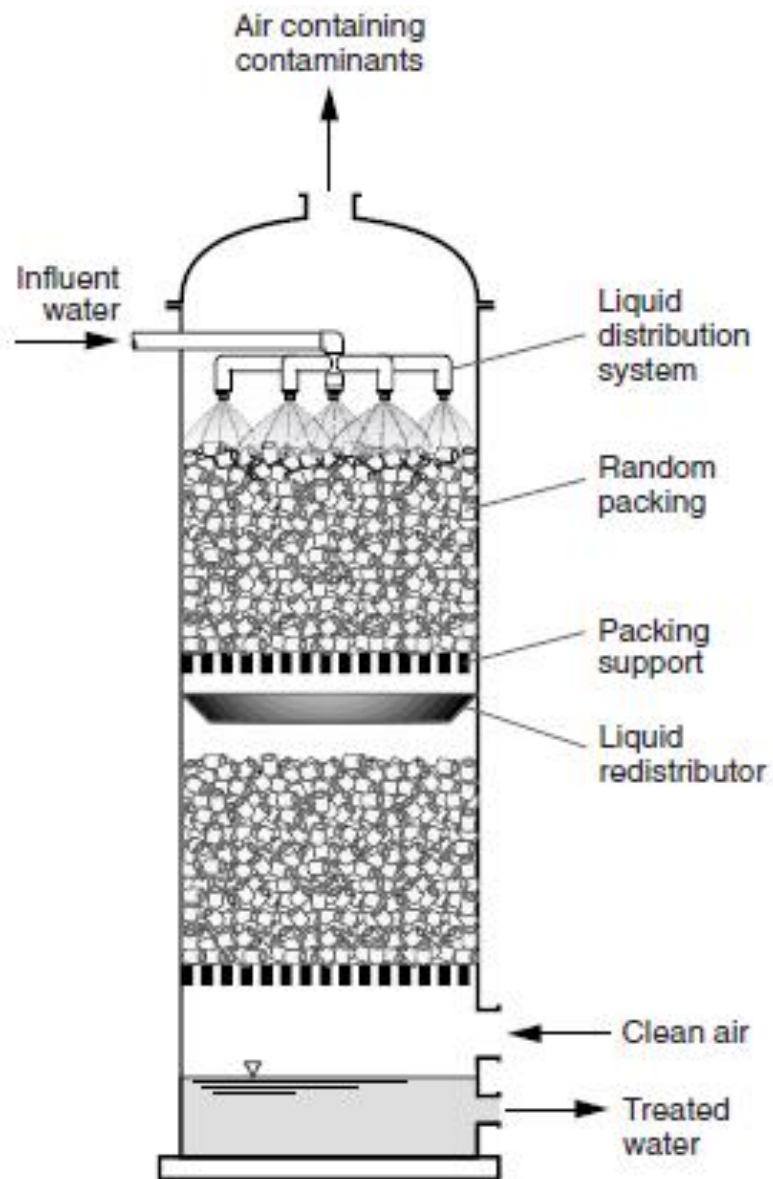
Liquid distribution system

Random packing

Packing support

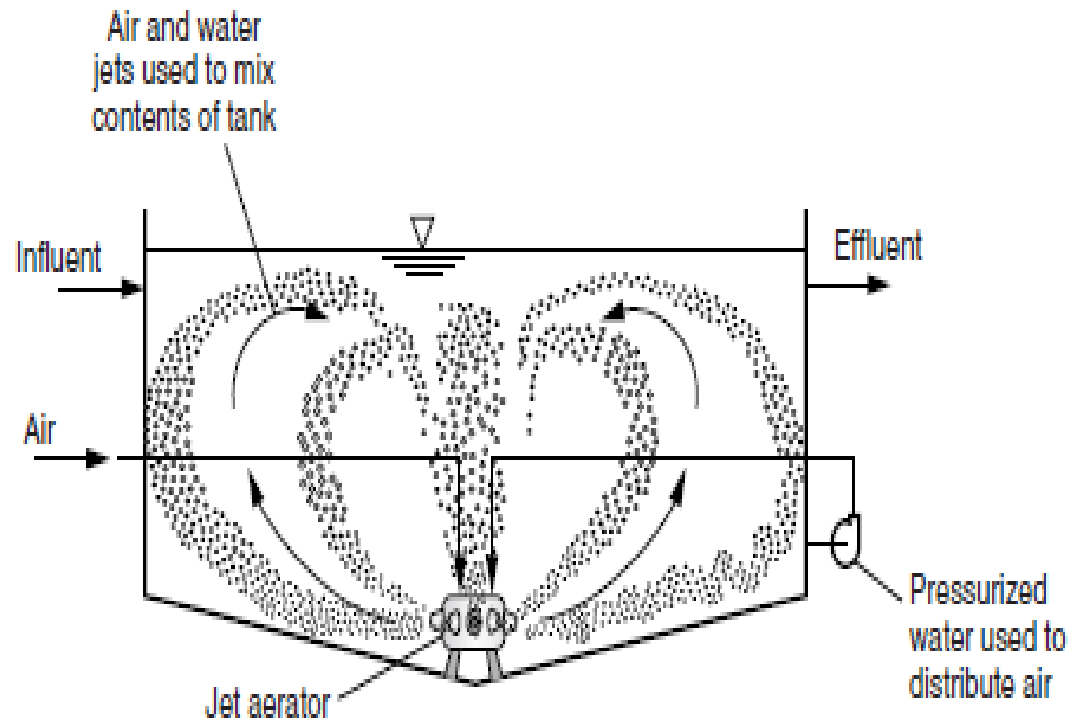
Liquid redistributor

Clean air

Treated water

* طريقة ادخال الهواء الى الماء

يضخ الهواء في هذه الطريقة الى الماء المراد معالجته على شكل فقاعات

- هذه الطريقة ايضا تستخدم في مرحلة المعالجة البيولوجية حيث تقوم بتزويد المفاعلات البيولوجيه الهوائية بالاكسجين اللازم
- حجم الفقاعات اما يكون صغير او كبير كما في الاشكال التالية

Air and water
jets used to mix
contents of tank
Influent
Effluent
Air
Pressurized
water used to
distribute air
Jet aerator

كفاءة عملية التهوية

تعتمد كفاءة عملية التهوية على العوامل التالية :

١. مساحة سطح التلامس بين الماء و الهواء ، مساحة سطح التلامس يعتمد بشكل اساسي على حجم القطرات الماء و حجم فقاعات الهواء

٢. درجة الحرارة : ذائبية الاكسجين في الماء تعتمد على درجة الحرارة

الوحدة العاشرة : المعالجة البيولوجية للمياه العادمة

Eng. Nusybah Al-Amayreh

- المعالجة البيولوجية : هي استخدام الميكروبات لتكسير المواد العضوية الملوثة و ازالتها من الماء المراد معالجته و احيانا يتم ازالة المواد الغير عضوية ، و تتم المعالجة عن طريق توفير ظروف الملائمة لنمو و تكاثر البكتيريا .
- المياه العادمة تحتوي على الغذاء اللازم للميكروبات و هذا الغذاء هو الملوثات العضوية و الغير عضوية التي نحتاج للتخلص منها
- الميكروبات المستخدمة في هذه الطريقة :

١. البكتيريا : تقسم البكتيريا الى قسمين اعتمادا على مصدر التغذية :

أ. بكتيريا تعتمد في غذائها على المواد العضوية (Heterotrophic)

ب. بكتيريا تعتمد في غذائها على المركبات الغير عضوية (Autorotropic

٢. الطحالب :

* تعتمد في غذائها على المركبات الغير عضوية

* تعتمد في تغذيتها على المغذيات التي تحتوي على الفسفور و النتروجين

* تقوم الطحالب ايضا بعملية البناء الضوئي و التي تعتمد فيها على اشعة الشمس و ثاني اكسيد الكربون

* تتوافر الطحالب بإلوان عدة : اخضر، اصفر ، بني ، احمر

- تتواجد عادة الطحالب في احواض التثبيت (Stabilization ponds)

٣. البروتوزون :

* ميكروبات وحيدة الخلية

- تتواجد في برك الاكسدة (Oxidation ponds) و مراشح الجريان المتقطع (Trickling Filter)
- تستخدم المركبات العضوية كمصدر للغذاء و الطاقة

عملية التمثيل الغذائي (الايض)

* الايض للبكتيريا التي تعتمد على المركبات العضوية كمصدر للغذاء ، اذا كانت هوائية فالمعادلة التالية تبين عملية الايض بها :

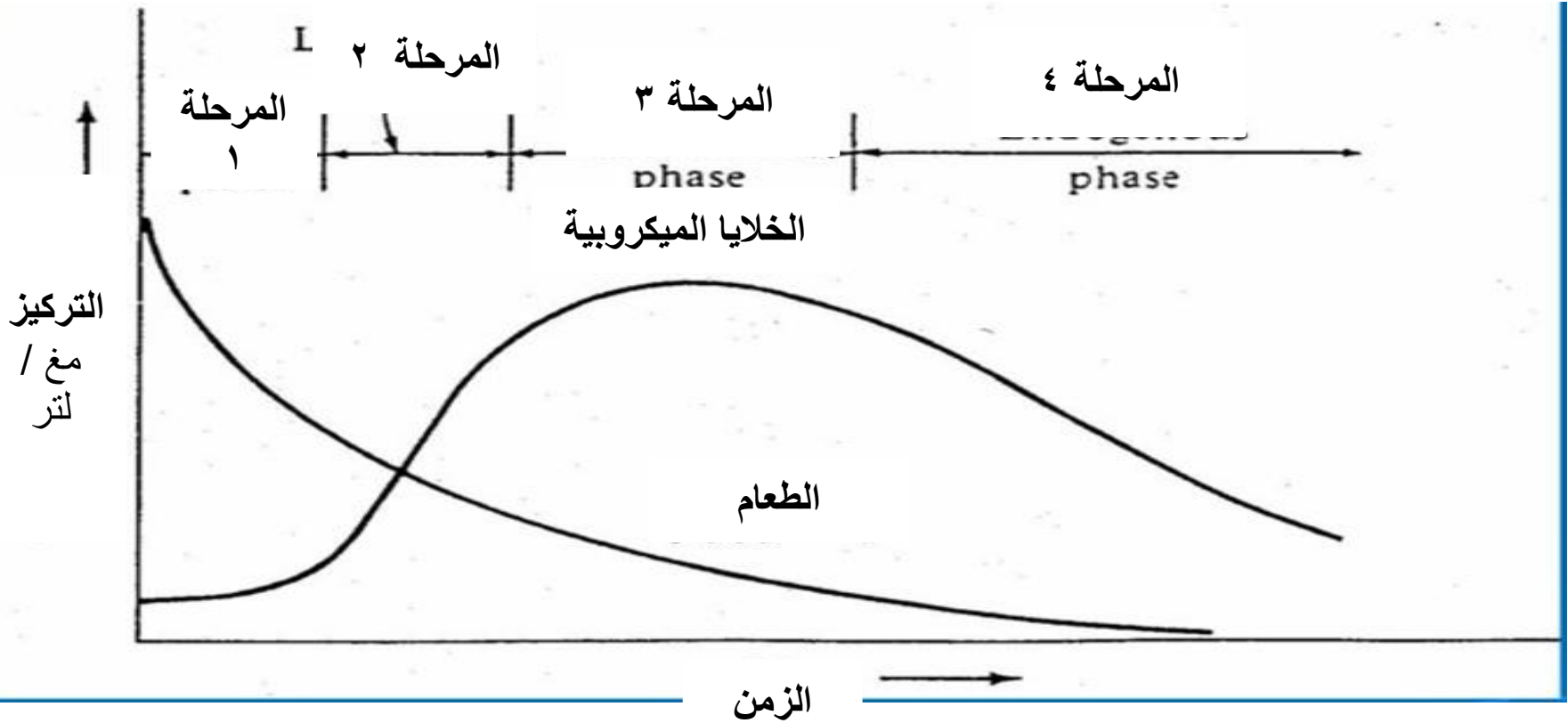
مواد عضوية + اكسجين ⟵ ثاني اكسيد الكربون + الماء + الطاقة

اما اذا كانت لاهوائية فالعملية اكثر تعقيدا

* تتم اضافة الاكسجين بطريقتين :

١. التهوية الطبيعية من الهواء الخارجي مثل الموجودة في مراشح الجريان المتقطع

٢. التهوية الاجبارية (مثل برك التهوية و الاكسدة)

مراحل النمو البكتيري

١. المرحلة الاولى :مرحلة التأخر

- تبدأ الخلية الميكروبية بالتأقلم ببيأتها الجديدة و الظروف المحيطة بها

٢. المرحلة الثانية : مرحلة النمو اللوغاريثمي

في هذه المرحلة تنمو الخلايا الميكروبية بسرعة كبيرة

٣. المرحلة الثالثة : مرحلة الثبات

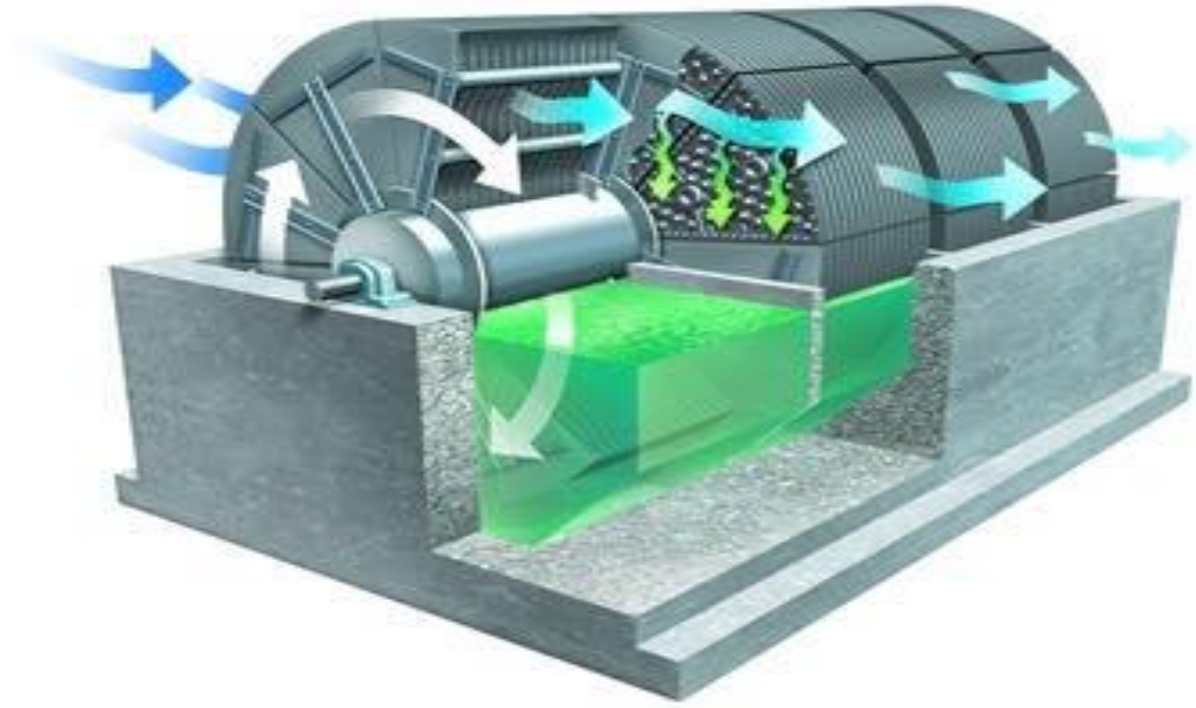
في هذه المرحلة تتساوى سرعة تكاثر الخلايا الميكروبية مع سرعة موتها و اضمحلالها

٤. المرحلة الرابعة : مرحلة الجوع

هنا تتناقص نمو الخلايا و تكاثرها بسبب عدم توافر مواد عضوية غذائية للخلايا

انظمة معالجة البيولوجية في مصانع المعالجة

١. النظام الاول : يتم فيه تمرير المياه العادمة على سطح بيولوجي (سطح يحتوي على ميكروبات) يتصل هذا السطح البيولوجي بسطح صلب مثل : مراشح الجريان المتقطع

٢. النظام الثاني : قواطع التدوير البيولوجي و تكون من سلسلة الاسطوانات البلاستيكية ذات قطر كبير و تدور بسرعة بطيئة داخل التنك ، تنمو على اسطح هذه الاسطوانات الخلايا الميكروبية التي ستقوم بعملية تعقيم المياه العادمة

قواطعِ التدوير البيولوجي

العوامل المؤثرة بسرعة نمو البكتيريا و كفاءة فعالية المعالجة البيولوجية

١. درجة الحرارة
٢. درجة الحموضة PH
٣. توافر المواد الغذائية للميكروبات (المواد العضوية و الغير العضوية)
٤. توافر الاكسجين
٥. وجود مواد سامة

١. درجة الحرارة

هناك ٣ انواع من البكتيريا بالاعتماد على تحملها لدرجات الحرارة :

أ. البكتيريا المحبة للحرارة المنخفضة : تستطيع العيش بدرجة حرارة تتراوح بين ٤ الى ١٠ س

ب. بكتيريا محبة للحرارة المرتفعة : افضل درجة حرارة تستطيع العيش بها هي بين ٥٠ الى ٥٥ س

ج. البكتيريا المحبة للحرارة المتوسطة : افضل درجة حرارة لها بين ٢٠ الى ٤٠ س

٢. درجة الحموضة :

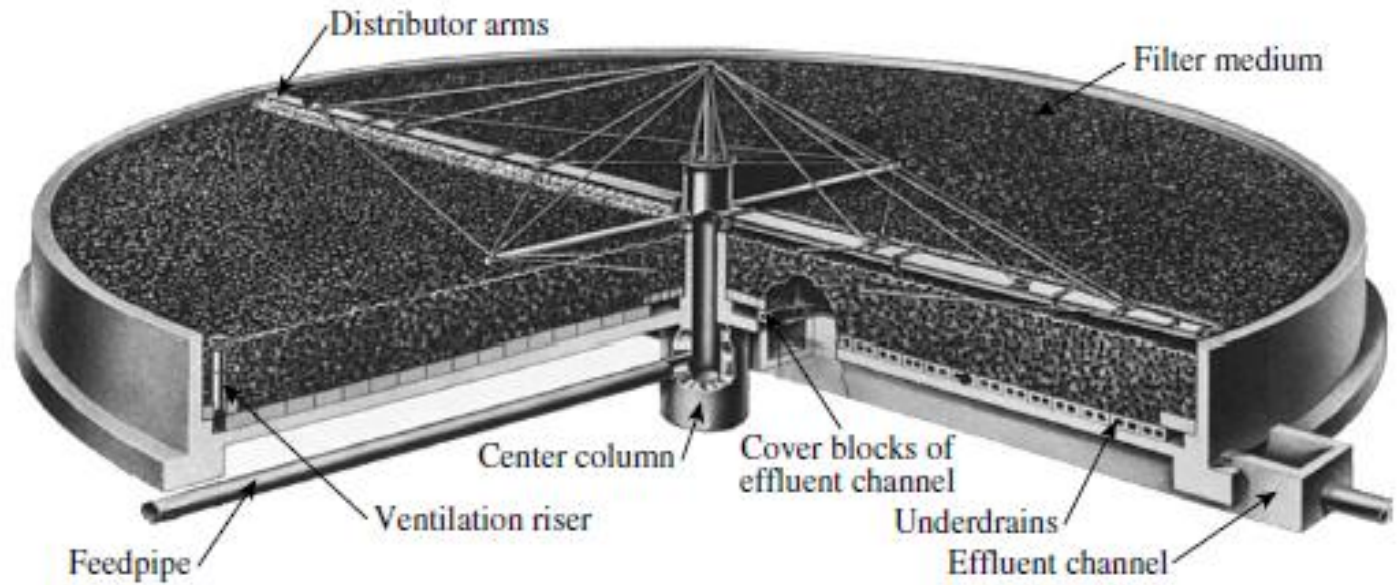
بشكل عام عملية المعالجة البيولوجية تتم على درجة حموضة تتراوح بين ٦,٥ الة ٨,٥ لمساعدة البكتيريا على النمو و التكاثر

٣. وجود مواد سامة :

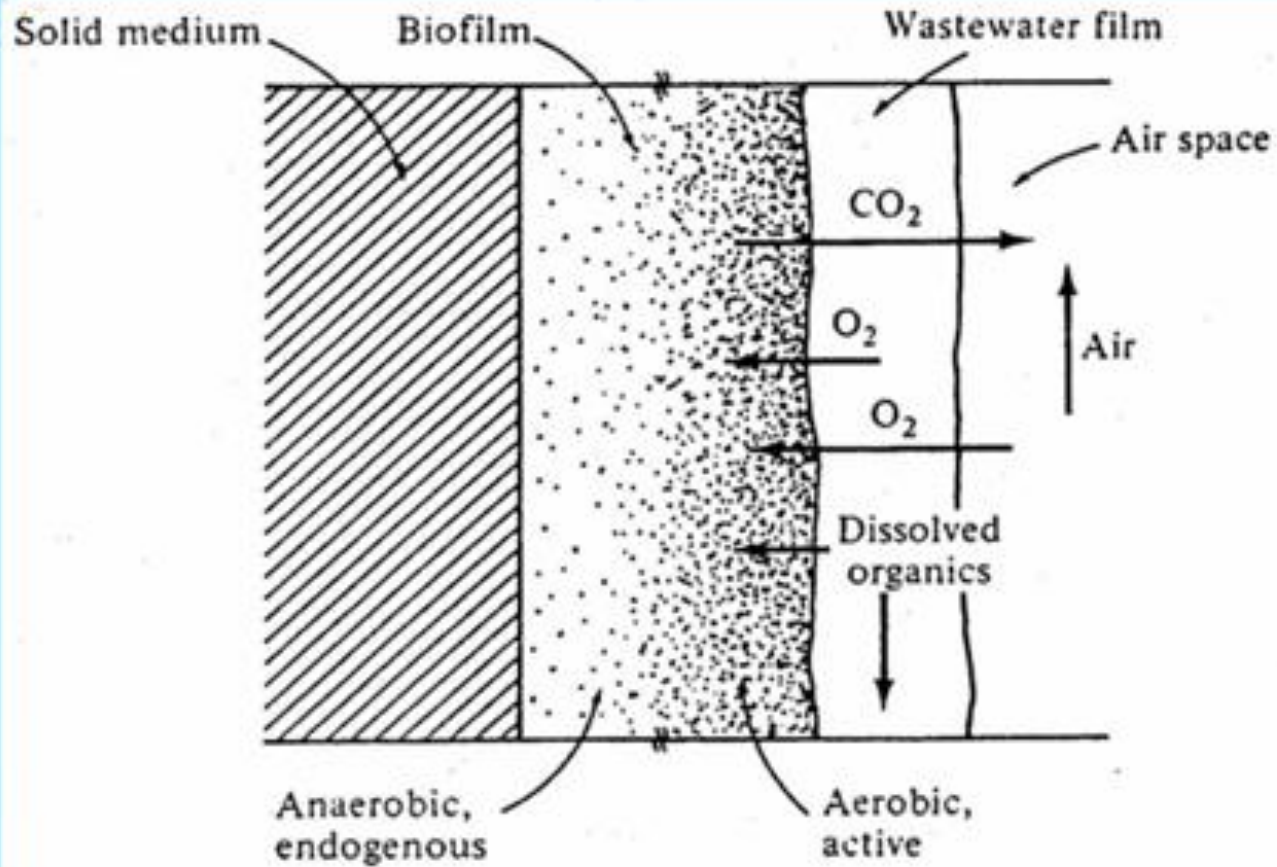
* المعالجة البيولوجية تتأثر بوجود بعض ايونات المعادن السامة مثل النيكل و الكروم

* الفينول يعتبر من المركبات شديدة السمية للبكيتيريا

* يجب ازالة المواد السامة جميعها قبل المعالجة البيولوجية

مراشح الجريان المتقطع Trickling Filter

مراشح الجريان المتقطع

- مراشح الجريان المتقطع : هي مفاعلات بيولوجية تحتوي على مادة حشو صلبة (Packed material) لتوفير مساحة سطح و مساحة ملائمة لنمو الميكروبات .
- امثلة على الاسطح التي يمكن ان ينمو عليها الميكروبات في هذا المفاعل هي : سطوح بلاستيكية ، صخور ، قطع بلاستيكية بإشكال مختلفة .
- بالعادة يكون قطرها ٣ – ٥ متر و عمقها ١,٥ – ٢،٥ متر
- لا تحتوي على عملية فلترة حقيقة فقط الملوثات يتم التخلص منها بطرق بيولوجية
- الاسطح الصلبة هنا تكون مغطى بالميكروبات ثم تضخ المياه على هذه الاسطح
- الميكروبات الملامسة للماء لديها تغذية عالية و الميكروبات القريبة من السطح الصلب تمتلك تغذية قليلة جدا .

Solid medium
Biofilm
Wastewater film
Air space
CO_2
O_2
Air
O_2
Dissolved organics
Anaerobic, endogenous
Aerobic, active

مقطع عرضي لطريقة عمل مراشح الجريان المتقطع

الوحدة الحادية عشر : التعامل مع الطمر

Eng. Nusybah Al-Amayreh

* تعريف الطمر :

هو المواد الصلبة التي تم فصلها عن خطوط المياه خلال المعالجة .

* يحتوي الطمر بالاضافة الى المواد الصلبة على نسبة عالية من الماء

* انواع الطمر في مصنع المعالجة :

١. الطمر الناتج من تنك ازاله الحصى

يتكون هذا الطمر من الحصى بصورة اساسية ، و لان الحصى بشكل عام لديه ثبات من ناحية النشاط البيولوجي ، لذلك لا تتم معالجتها و انما يتم التخلص منه مباشرة .

٢. الطمر الاولي :

هو الطمر الخارج من قاع تنك الترسيب الاولي

يحتوي على ٣ – ٨ % مواد صلبة و ٧ % مواد عضوية

* تحسب كمية الطمر الاولي من القانون التالي :

$M = SS \times E \times Q$

M : (كمية الطمر الاولي (كغ/ يوم

SS: (كمية المواد الصلبة العالقة الداخلة الى تنك الترسيب الاولي (كغ/م٣

E: كفاءة تنك الترسيب الاولي

Q : (تدفق المياه الداخلة الى تنك (م٣ / يوم

٣. الطمر الثانوي :

ينتج من طرق المعالجة في المرحلة الثانوية مثل التخثير و الترويب

يحتوي هذا الطمر على الميكروبات و المواد العضوية

نسبة المواد العضوية في هذا الطمر هي تقريبا ٩ % و المواد الصلبة بين ٠,٨ – ٢ %

معالجة الطمر

* الهدف الرئيسي من معالجة البقايا الصلبة (الطمر) هو لتحويلها الى مواد امنه حتى يتم طمرها في البيئة الخارجية او اعادة استخدامها لاغراض مفيدة

* خطوات معالجة الطمر :

أ. تثخين او تكثيف الطمر

ب. زيادة ثبات و استقرار الطمر

ج. سحب المياه من الطمر

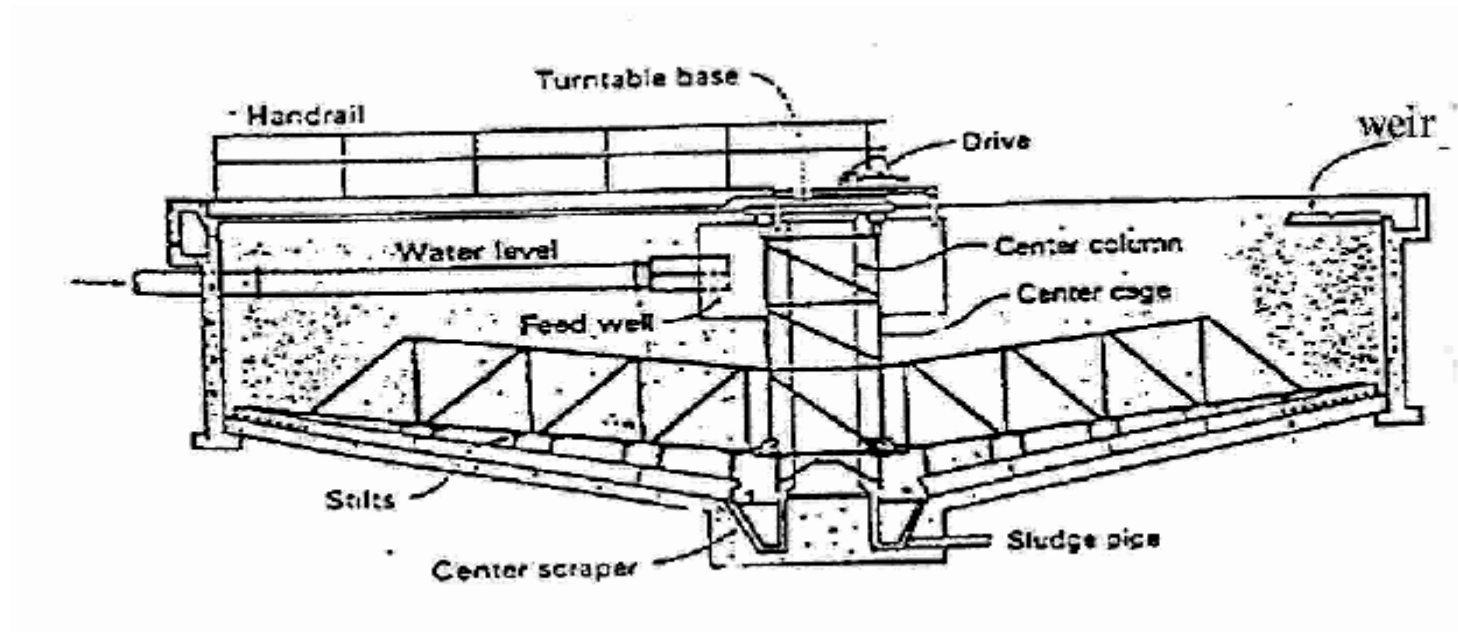
أ. تثخين و تكثيف الطمر

* الهدف منها هو انقاص حجم الطمر عن طريق ازالة ما يمكن ازالته من الماء من الطمر ، مما يؤدي الى زيادة نسبة المواد اللصلبة في الطمر

* تتم عملية التكثيف الطمر بثلاث طرق :

١. التكثيف بواسطة الجاذبية :

- تتم عملية التكثيف هنا في تنك دائري شبيه بتنك الترسيب
- الطمر المكثف يتم سحبه من اسفل التنك

Turntable base
Handrail
Drive
weir
Water level
Center column
Center cage
Feed well
Stilts
Sludge pipe
Center scraper

التكثيف بواسطة الجاذبية

٢. التكثيف العائم :

- عندما تكون الطمر خفيفة الوزن فان مكثفات الجاذبية ليست فعالة و في هذه الحالة تعوم المواد الخفيفة على السطح على شكل زبد و تتم ازالتها لاحقا بواسطة قاشطات

٣. التكثيف الميكانيكي :

-تشمل اجهزة الطرد المركزي ، البراميل الدوارة و احزمة التصفية و الغربلة

- اجهزة الطرد المركزي و البراميل الدوارة تعتمد في عملها على قوة الطرد المركزي لفصل المواد الصلبة عن السائلة

- احزمة التصفية ، يدخل فيها الطمر بين حزامين متحركين فيعمل على ضغط الطمر و فصل المواد الصلبة عن السائلة

العوامل و الطرق لزيادة كفاءة عملية تكثيف الطمر

* يتم زيادة فعالية و كفاءة عملية تكثيف الطمر بطريقتين : اما باضافة مواد كيميائية او عن طريق الحرارة

١. المواد الكيميائية ، تشمل :

الجير $Ca(OH)_2$ ، كلوريد الحديد $FeCl_3$ ، كبريتات الالمنيوم $Al_2(SO_4)_3$ ، البوليمرات العضوية

- تضاف هذه المواد في طريقة التكثيف بالجاذبية حيث تقوم بزيادة استقرار المواد الصلبة مما يؤدي الى زيادة سرعة ترسيب الطمر في تنك

٢. الحرارة :

- تزيد الحرارة من فعالية عملية التكثيف الطمر عن طريق تعريض الطمر للضغط العالي خلال فترة قصيرة

- بهذه الطريقة يتم التخلص من جزء من الماء الموجود بالطمر

- كلفة الاجهزة مرتفع في هذه الطريقة لذا يتم استخدامها في مصانع المعالجة الصغيرة

ب. زيادة ثبات و استقرار الطمر :

- في هذه الخطوة يتم تحويل المواد العضوية القابلة للتحلل الى مواد غير قابلة للتحلل (خاملة)
- الهدف منها : هو انتاج طمر لن يخوض أي تفاعلات تفكك و تحليل عند طرحها لخارج
- اذا تم طرح الطمر الى البيئة الخارجية من دون هذه الخطوة سينبعث منه رائحة كريهة و يصبح خطر صحي
- اشهر طريقة للقيام بزيادة ثبات و استقرار الطمر هو التحلل اللاهوائي .

- يتم التحلل اللاهوائي في تنك لاهوائي يدعى بالهاضم او المحلل

- التنك المحلل او الهاضم هو تنك اسطواني مخروطي الشكل في القاعدة و هو عبارة عن مفاعل لاهوائي يحتوي على خلاط

- التحلل اللاهوائي في هذا المفاعل يقوم بهضم و تحويل المركبات العضوية الى غازات مثل : الميثان و ثاني اكسيد الكربون .

ج. سحب الماء من الطمر

في هذه المرحلة يتم سحب الماء من الطمر بعد مرحلة زيادة الاستقرار

- تتم بطريقتين :

١. سحب الماء بطرق طبيعية : و تتم عن طريق التبخير

٢. سحب الميكانيكي للماء :يتم فيها استخدام احزمة التصفية كما في الشكل التالي

أحزمة التصفيةfilter belts